Stefan Sękowski

Galwanotechnika domowa

WYDANIE 8
Poprawione



WYDAWNICTWA NAUKOWO-TECHNICZNE
WARSZAWA 1987

Redaktor techniczny
Krystyna Orłoś

Ilustracje wykonał
mgr inż. Stanisław Kozaczyński

Okładkę projektował
Marek Stańczyk

621.357/621.793/794:373.62

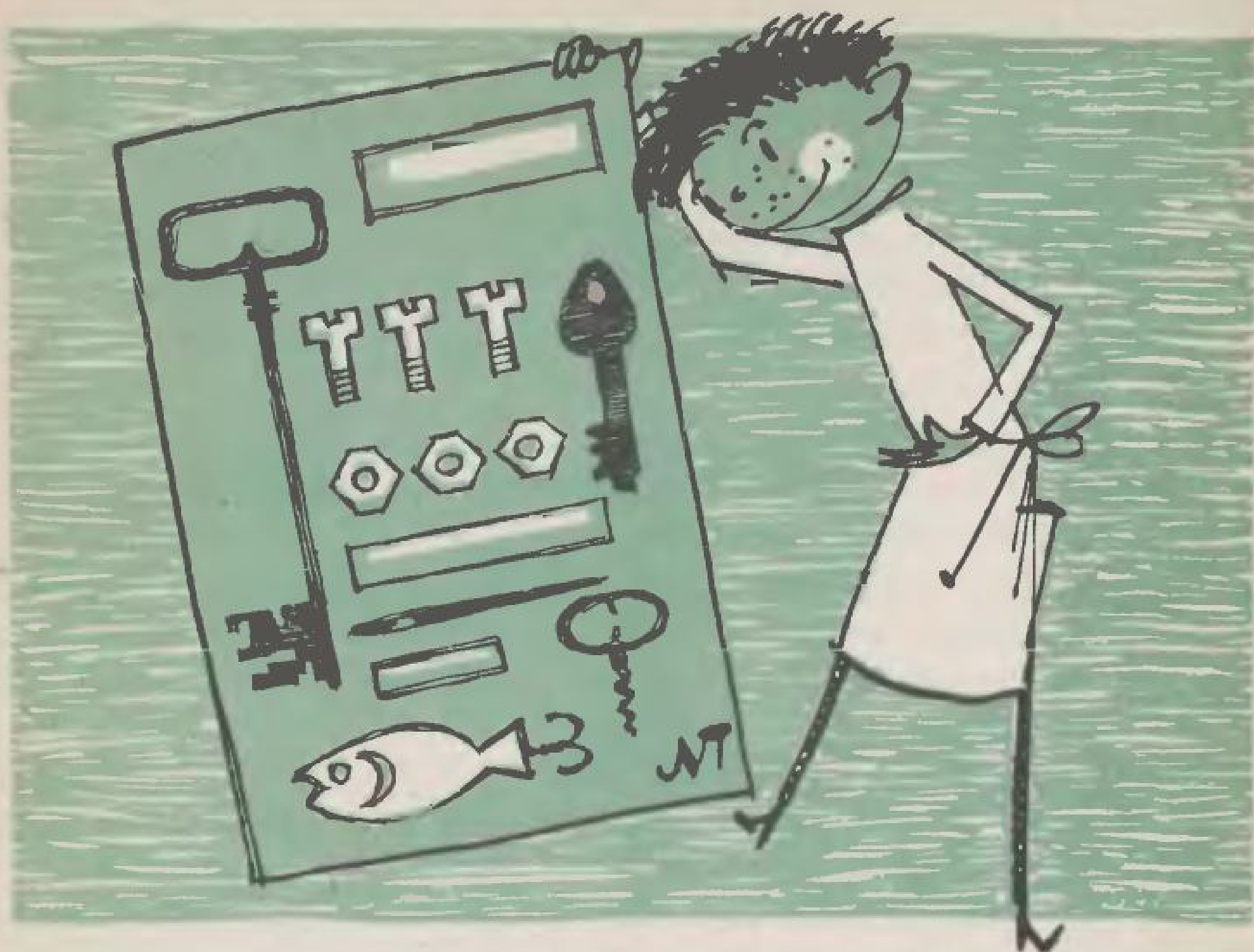
Książka napisana jest w formie zabawy, podczas której autor w przyjacielskiej i atrakcyjnej pogawędce z czytelnikiem i eksperymentatorem w jednej osobie omawia w sposób przystępny poszczególne zagadnienia z zakresu galwanotechniki, jak np. urządzenie w warunkach domowych małej pracowni galwanotechnicznej, sposoby samodzielnego zestawienia potrzebnej aparatury, przeprowadzanie doświadczeń związanych z pokrywaniem powierzchni metali (miedziowanie, niklowanie, cynkowanie, srebrzenie, anodowanie, barwienie itp.), przygotowanie kąpieli galwanicznych oraz niezbędnych odczynników.

Książka przeznaczona jest dla indywidualnych uczniów szkół średnich, dla amatorów-galwanotechników oraz dla szkolnych kółek zainteresowań. Atrakcyjne przedstawienie treści i właściwa szata edytorska sprawiają, że książka budzi duże zainteresowanie wśród młodzieży.

Wydanie 1. PZWS 1963, nakład 10 000 egz.
Wydanie 2. WNT 1969, nakład 10 000 egz.
Wydanie 3. WNT 1970, nakład 30 000 egz.
Wydanie 4. WNT 1972, nakład 30 000 egz.
Wydanie 5. WNT 1974, nakład 20 000 egz.
Wydanie 6. WNT 1978, nakład 20 000 egz.
Wydanie 7. WNT 1983, nakład 60 200 egz.

ISBN 83-204-0785-0

SPIS TREŚCI



ZANIM ZABIERZEMY SIĘ DO PRACY

Dokładnie było to na początku 1963 r. Na wystawach księgarń ukazała się mała książeczka z rysunkiem klucza, widelca i cyrkla na okładce. Jej tytuł brzmiał: „Galwanotechnika domowa". Po dokonaniu zmian i uzupełnień w roku 1969, a następnie w 1970, ukazały się dalsze, drugie i trzecie, a w roku 1972, 1974 i 1978 — czwarte, piąte i szóste wydanie tej książeczki i wtedy to sypnęła się istna lawina listów. Nierzadkie były słowa podziękowań za prace galwanotechniczne przeprowadzone z dobrym wynikiem, w innych natomiast dominowały pretensje. O co? że brakuje przepisu do takiego to a takiego pokrycia, że nie możesz czegoś zrozumieć, że brakuje Ci odczynników, że rysunek jest niezrozumiały.

Spróbowałem podsumować te wszystkie uwagi i życzenia i teraz muszę Ci przypomnieć, że po pierwsze „Galwanotechnika domowa" nie jest i nie ma być podręcznikiem ani też po-

radnikiem dla osób prowadzących większe, a nawet mniejsze zakłady galwanotechniczne. Od tego są specjalne, fachowe książki[1]. Przyznasz sam, że nie ma mowy, aby w warunkach domowych operować np. tak silnymi truciznami, jak chociażby cyjanek potasu. Tymczasem właśnie ten związek w warunkach produkcyjnych musi być podstawowym składnikiem kąpieli służących do miedziowania, srebrzenia, kadmowania czy mosiądzowania.

Ta książeczka jest przeznaczona przede wszystkim dla amatorów eksperymentu, majsterkowiczów. Podane w niej przepisy są dostosowane zasadniczo do wykonania pojedynczych sztuk.

Na życzenie Czytelników II i III wydania książeczka została rozszerzona o rozdział poświęcony cynowaniu galwanicznemu i bezprądowemu oraz wytwarzaniu powłok krystalitowych. Zmieniony został gruntownie rozdział poświęcony galwanoplastyce, do VI wydania dodano rozdział o obwodach drukowanych. Rozszerzono również fragmenty o barwieniu metali i poprawiono kilka rysunków.

Obecnie najpilniejsze jest, abyśmy się dogadali i wyznali sobie wzajemnie, że czy to przeprowadzanie doświadczeń chemicznych w ciszy własnego kącika, czy to majsterkowanie przy tworzeniu czegokolwiek, ale czegoś na pewno bardzo ważnego, jest to wspaniała rzecz.

No, bo powiedz sam, czy to nie jest interesujące nauczyć się barwić aluminium, a następnie na obóz letni wykonywać lśniące, barwne śledzie do namiotu czy też niezbędniki takie, jakich nikt nie ma?

A pozostały Twój sprzęt turystyczny? Na pewno kółka, karabińczyki, klamerki, okucia, drobiazgi rowerowe dzięki poniklowaniu lub pocynkowaniu będą dłużej błyszczące i trwałe.

Pokrycie przełączników czy końcówek srebrem zapewni w pracach elektrotechnicznych doskonały i niezawodny styk oraz polepszy odbiór Twego aparatu.

Wyobrażam sobie, jaką radość sprawisz swojej matce lub siostrze, ofiarowując jej własnoręcznie wykonany pierścionek,

---

[1] Podstawowe dzieło z tego zakresu, wydane przez Wydawnictwa Naukowo-Techniczne nosi tytuł „Poradnik galwanotechnika".

broszkę lub bransoletkę. Ile uroku zyska wnętrze mieszkania przez zawieszenie świecznika pokrytego piękną patyną.

Jeżeli jesteś fotoamatorem, to zapewne skorzystasz z moich wskazówek dla przeprowadzenia czernienia mosiądzu, aby nie błyszczał się i nadawał się do aparatury optycznej.

Dokonałem wiele wysiłku, aby dostarczyć atrakcyjnej tematyki do doświadczeń chemicznych i dlatego mam prawo i od Ciebie czegoś wymagać.

Nie ma co ukrywać: chemia jest dość niebezpieczna. Dlatego trzeba wszystko robić dokładnie, tak jak opisałem, nie wolno lekceważyć żadnych nawet najdrobniejszych wskazówek. W przeciwnym razie może być nieszczęście.

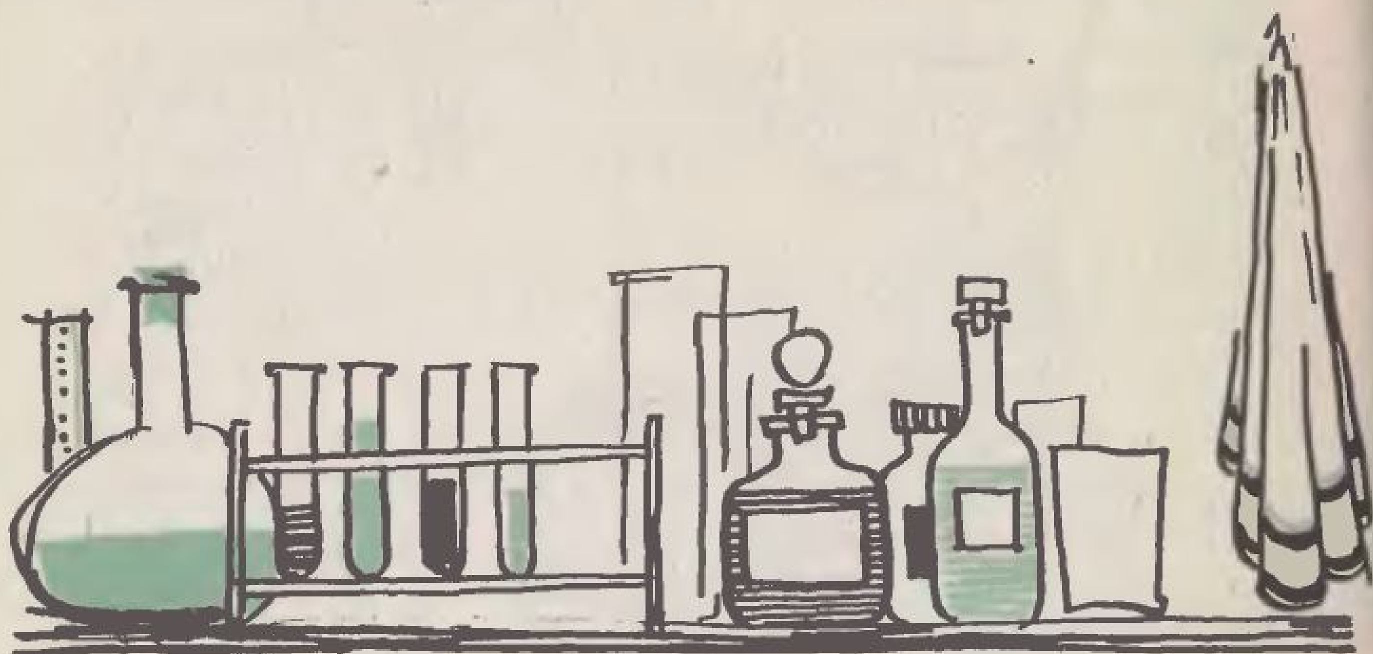


Przed rozpoczęciem pracy laboratoryjnej należy włożyć fartuch oraz przygotować okulary ochronne i rękawice; wszystkie te przedmioty bezpieczeństwa i higieny pracy są niezbędne przy czynnościach z kwasami lub wodorotlenkami (ługiem). Fartuch, okulary i rękawice — to mundur chemika.

Szczególną uwagę należy zwracać na porządek i czystość w pracowni chemicznej. Chemikalia muszą znajdować się w słoikach lub flaszkach odpowiednio oznaczonych, a naczynia używane do doświadczeń powinny być starannie umyte. W brudnej probówce nic się nie uda.

W tekście i na końcu książki podałem wiele praktycznych rad dotyczących zaopatrzenia laboratorium w niezbędne chemikalia — wymieniłem źródła zakupu lub opisałem sposób sa-

modzielnego otrzymania niektórych związków. Reszta należy do Ciebie i nie spodziewaj się od autora recepty na pokonywanie wszystkich trudności.



Sprawę zaopatrzenia w odczynniki najlepiej rozwiązuje praca w zespole. O wiele przecież łatwiej jest nabyć niezbędne chemikalia dla kółka chemicznego i koszty przy tym będą znacznie mniejsze.

I jeszcze jedna uwaga.

Jeżeli któreś z opisanych doświadczeń będzie zbyt trudne lub może nie znajdziesz potrzebnego przepisu w książce, albo sam wpadniesz na jakiś ciekawy pomysł, proszę pisz do mnie, a zawsze postaram się przyjść z pomocą.

Listy adresuj: Dział Łączności z Czytelnikami, redakcja miesięcznika „Młody Technik", 00-389 Warszawa, Spasowskiego 4.



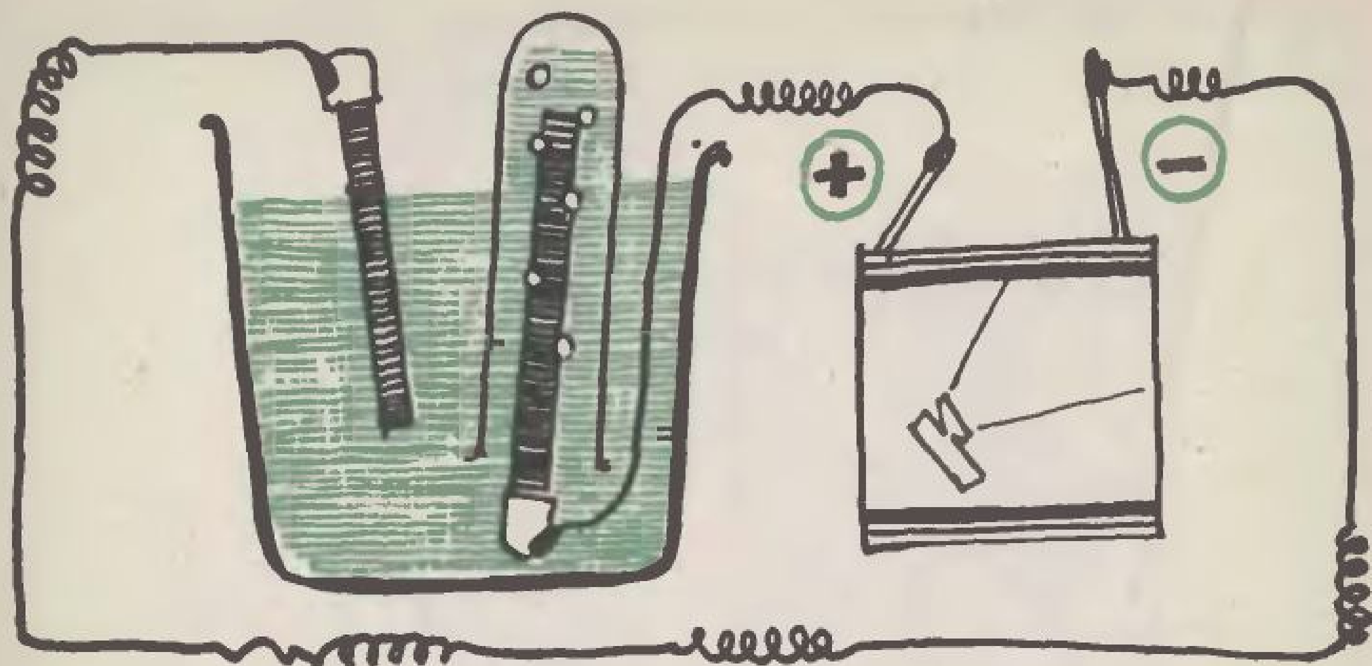
O TYM, CZY FARADAY MIAŁ RACJĘ?

Pierwsza elektroliza

Słyszałeś już na pewno o prawie Faradaya. Ten genialny uczony, który żył w pierwszej połowie ubiegłego stulecia, dokonał bardzo ciekawego odkrycia. Przekonał się, że im więcej prądu przepłynie przez roztwór dowolnej soli, tym więcej produktów wydzieli się na elektrodach.

Nie przypuszczam nawet, abyś wątpił w prawo odkryte przez tak wielkiego uczonego, ale doskonale rozumiem, że chciałbyś się o tym przekonać sam, na własne oczy. Wcale się nie dziwię, chociażby dlatego, że na pewno nie wszystko jest tu dla Ciebie zupełnie jasne.

Przede wszystkim musisz się postarać o jedną nową i jedną starą, zużytą już, płaską bateryjkę. Bateryjkę zużytą rozbierasz i w ten sposób otrzymujesz 3 pałeczki węglowe oraz 3 kubeczki.



Gdybyś nie miał zużytej bateryjki płaskiej, możesz oczywiście z powodzeniem rozebrać 3 pojedyncze bateryjki okrągłe. Pałeczki węglowe i kubeczki trzeba dokładnie umyć w gorącej wodzie.

A więc do roboty. Do małej zlewki lub parowniczki wsypujesz parę kawałeczków blachy cynkowej (jeden pocięty kubeczek) i nalewasz 20 ml 10-procentowego kwasu solnego HCl.

Cynk bardzo łatwo i szybko roztwarza się w kwasie, tak że po kilku minutach otrzymasz chlorek cynkowy $ZnCl_2$ powstały w wyniku reakcji



$$Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2\uparrow$$

Tak otrzymany roztwór chlorku cynkowego przelej do wąskiej zlewki lub szklanki i dodaj do niego 80 ml wody.

Następnie musisz znaleźć kawałek rurki szklanej o długości 5—10 cm i średnicy nieznacznie tylko większej od średnicy pałeczki węglowej. Jeden koniec tej rurki szklanej trzeba zatopić lub szczelnie, ale tak naprawdę szczelnie, zatkać korkiem.

Dwie pałeczki węglowe połącz teraz z izolowanymi tylko na końcu przewodami (najlepiej z drutem lub z plecionką miedzianą w koszulce z PCW). Roztworem chlorku cynkowego

napełnij całkowicie rurkę szklaną, zamknij wylot palcem, obróć rurkę o 180° i ustaw ją w tej pozycji do zlewki z resztą roztworu chlorku cynkowego.

Jedną pałeczkę węglową zanurz w roztworze i zawieś za pomocą przewodu na krawędzi zlewki, natomiast drugą pałeczkę wsuń od spodu do otworu rurki szklanej.

Całość tej aparatury będzie wyglądać tak, jak to widzisz na rysunku.

Gdy wszystko jest już gotowe, drut idący od pałeczki umieszczonej w rurce połącz z dodatnim biegunem bateryjki. Nie wiesz pewnie, która z tych dwu blaszek jest plusem, prawda? Zapamiętaj więc raz na zawsze, że plusem jest ta krótsza blaszka.

Drut od pałeczki drugiej łączysz z blaszką dłuższą, czyli biegunem ujemnym i od razu patrzysz na zegarek.

Pierwszy etap doświadczenia będzie trwać dokładnie 3 minuty, mamy więc czas, który wykorzystamy na przypomnienie paru ważnych terminów, bez których wyjaśnienia nie dałbyś sobie rady.

Anoda, katoda i jony

Roztwór wodny chlorku cynkowego czy innej soli, przewodzący prąd, to elektrolit. Obie pałeczki węglowe, doprowadzające prąd do roztworu, to elektrody. Każda z tych elektrod ma swoją własną nazwę. O pałeczce połączonej z biegunem dodatnim mówimy, że jest anodą, natomiast tę drugą, połączoną z biegunem ujemnym nazywamy katodą.

Chcesz pewnie wiedzieć, skąd wzięły się te nazwy? Otóż każda sól, rozpuszczając się w wodzie, rozpada się na jony, czyli dwa zespoły obdarzone przeciwnymi ładunkami elektrycznymi. Chlorek cynkowy $ZnCl_2$ rozpada się na dodatnio naładowany jon Zn^{2+}, zwany kationem i dwa ujemnie naładowane aniony Cl^-.

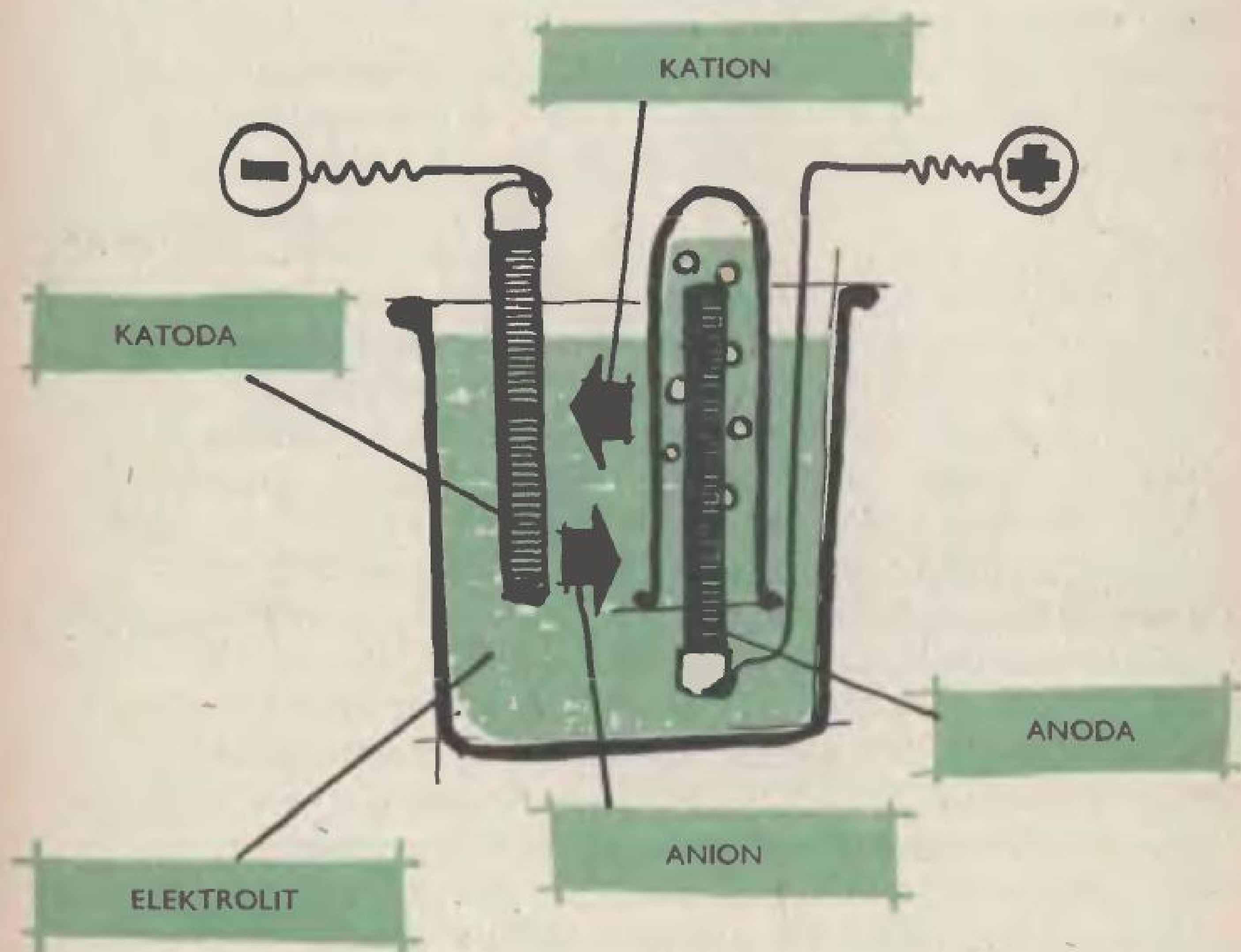
Chwilowo jednak przerywam, bo pewnie już upłynęły 3 minuty, trzeba więc wyłączyć prąd.

Obejrzyj teraz dokładnie obie elektrody — anodę i katodę. Na katodzie spostrzeżesz pojawienie się jakiegoś szarego nalotu. Natomiast w probówce nad anodą zebrało się chyba troszeczkę

jakiegoś gazu, bo u samej góry rurki widać wyraźnie pęcherzyk. Zaznacz możliwie jak najdokładniej pisakiem na szkle wielkość tego pęcherzyka i włącz ponownie prąd, tym razem dokładnie na 6 minut.

Wiesz na pewno o tym dobrze, że ładunki elektryczne o różnych znakach przyciągają się. Nic więc dziwnego, że to samo zachodzi i w elektrolitach. Dodatnio naładowane kationy wskutek przyciągania wędrują do ujemnie naładowanej katody. I odwrotnie, tak jak magnes opiłki, tak dodatnia elektroda — anoda przyciąga do siebie ujemne aniony. Najciekawsze jednak są zjawiska zachodzące wtedy, gdy anion i kation dotrą do elektrod.

Oto anion, nasz jon Cl^-, zbliżywszy się do anody, oddaje jej ładunek ujemny, czyli jeden elektron i zamienia się w obojętny elektrycznie atom chloru Cl. Dalej atomy chloru, łącząc się



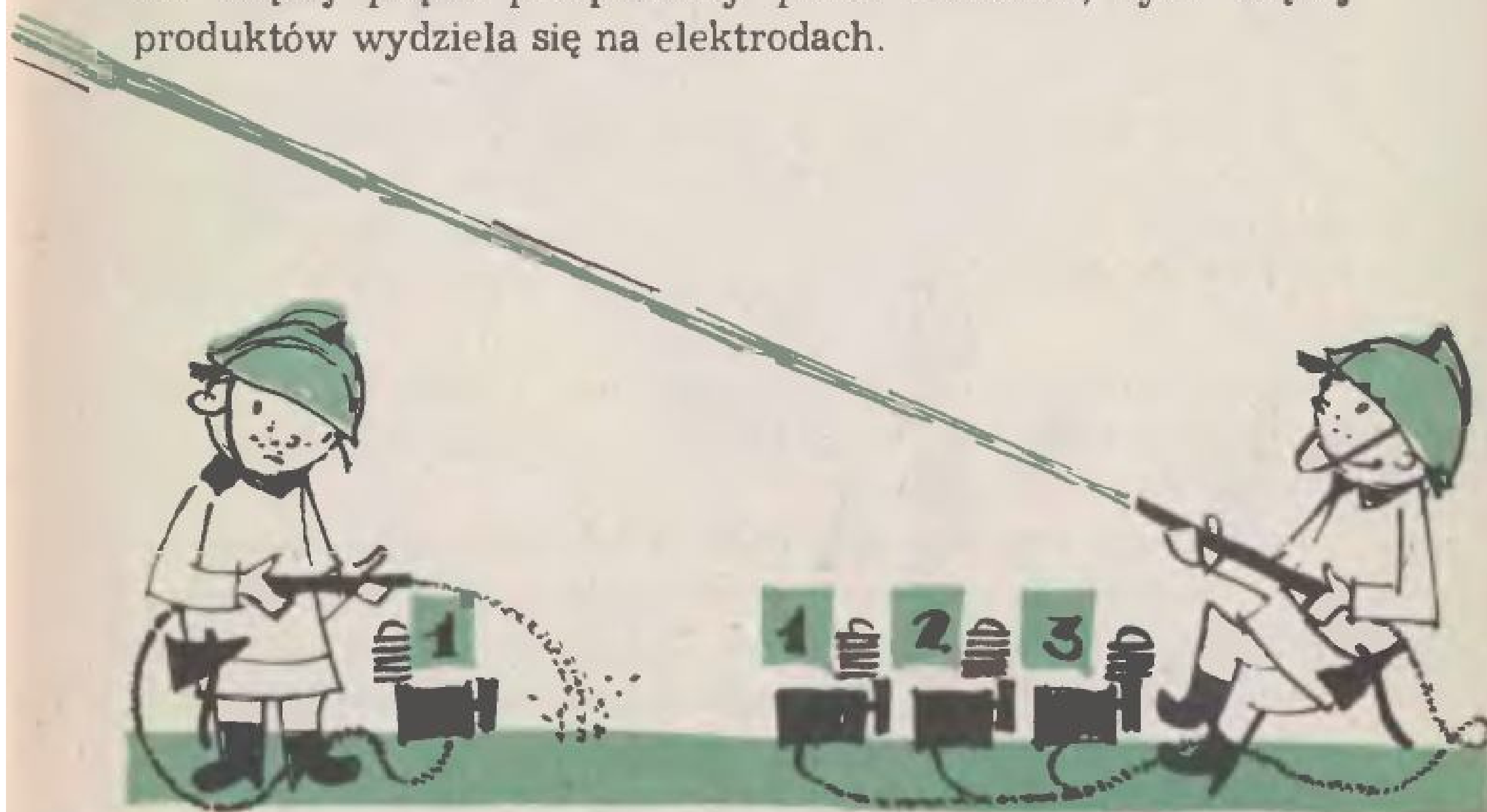
parami, tworzą cząsteczki gazu Cl_2, który unosi się w górę i zbiera się w rurce.

Inny los czeka kation Zn^{2+}. Gdy dotrze on do katody, pobiera z niej dwa elektrony, zamienia się w elektrycznie obojętny atom Zn i osiada spokojnie na pałeczce węglowej. Ten szary osad na katodzie powstał właśnie z osiadłych na niej atomów cynku.

Bateryjka elektryczna w całym tym procesie spełnia rolę jakby pompki elektronów. Odciąga je z anody i dostarcza do katody.

Upłynęło już 6 minut. Widzisz, że katoda pokryła się szczelniej nalotem cynku, pęcherzyk gazu zaś w górze rurki nad anodą znacznie się powiększył.

Wszystko już teraz jest chyba jasne. Faraday miał rację. Im więcej prądu przepuścimy przez elektrolit, tym więcej produktów wydziela się na elektrodach.



Za czasów Faradaya nie słyszano nic o elektronach. Ty zaś wiesz, że im dłużej będzie pracować pompa elektronów — bateryjka, tym więcej cynku osiądzie na katodzie i tym więcej chloru zbierze się nad anodą.

Co szybciej ugasi pożar, jedna motopompa czy dwie? Oczywiście, że dwie lub trzy. A więc, jeżeli zamiast jednej bateryjki włączysz dwie lub trzy, równolegle, to i dwu- lub trzykrotnie zwiększysz ilość produktów wydzielanych na elektrodach.

Obserwując dokładnie elektrody podczas przepływu prądu przez elektrolit, bez trudu zauważysz tworzenie się maleńkich pęcherzyków chloru na anodzie. Natomiast osiadania atomów cynku zaobserwować się niestety nie da. Wiem, że wierzysz w to, co przed chwilą napisałem o losach kationów Zn^{2+}, ale radzę wykonaj bardzo proste doświadczenie, a sam zobaczysz, jak to atomy metalu osiadają na katodzie.

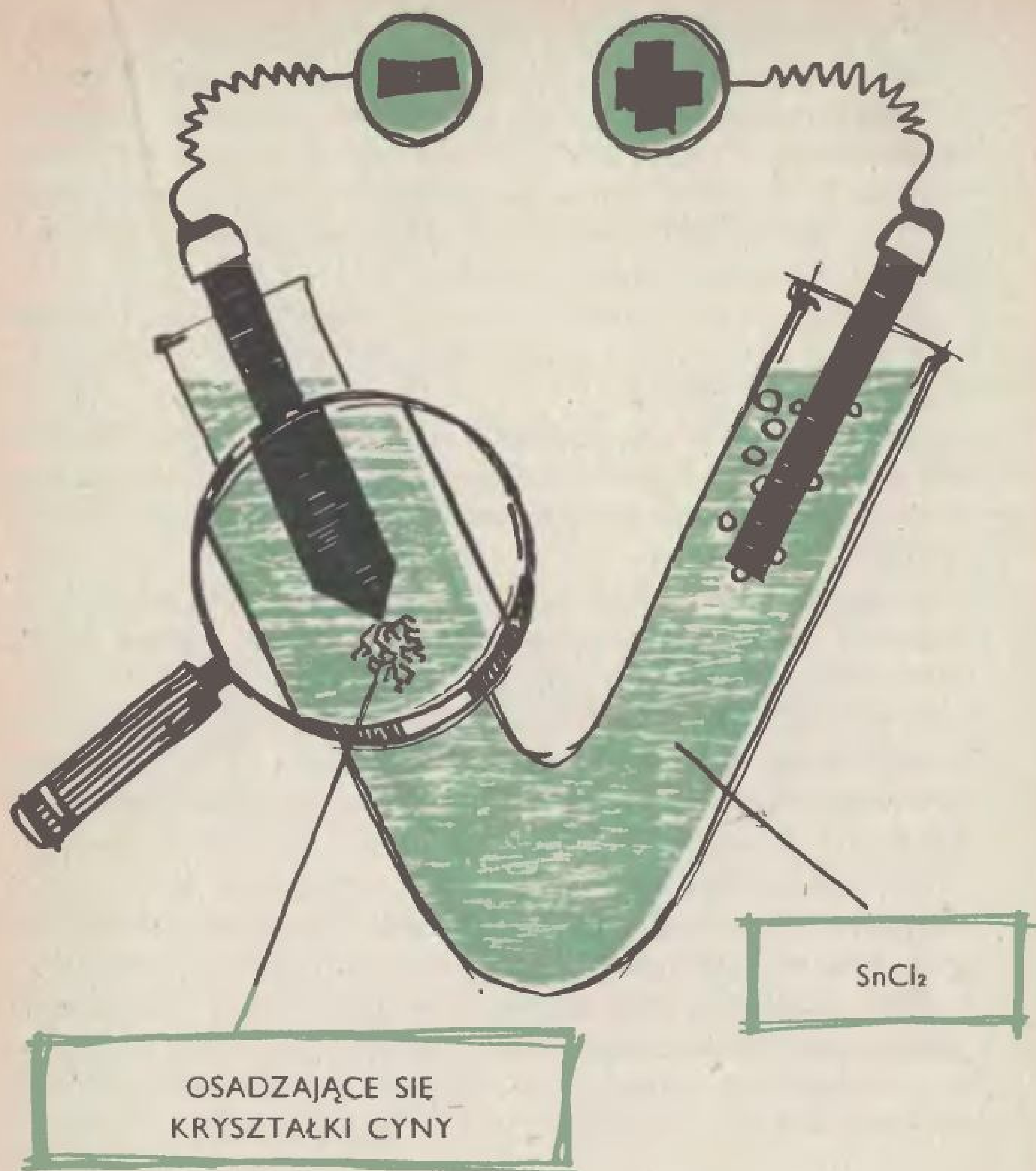
Obserwujemy skutki wędrówki

Do tego doświadczenia zegnij 10—12 cm rurkę szklaną w kształcie litery V. Rurkę napełnij 5—10-procentowym wodnym roztworem chlorku cynawego $SnCl_2$ (powstałym z roztworzenia cyny na gorąco w kwasie solnym). W obu otworach zgiętej rurki umieść pałeczki węglowe połączone drutami z bateryjką. Pałeczkę katodę zatemperuj jak ołówek. Już od razu po włączeniu prądu zobaczysz, że na katodzie powstanie mała błyszcząca igiełka. Igiełka ta będzie bardzo szybko zwiększać się, czasem się rozdwoi, innym razem rozdzieli na trzy odnogi, aż wreszcie po 1—2 minutach otrzymasz rodzaj liścia. Nie potrzebuję Ci chyba tłumaczyć, że jest on utworzony z atomów cyny.

Doświadczenie to jest naprawdę proste i bardzo efektowne. Kto je raz wykona nie będzie wątpił w wędrówkę jonów i ich zamianę na obojętne atomy.

Dziwisz się pewnie, że książka miała być o galwanotechnice, a tymczasem podają doświadczenia z chlorkami cynkowym i cynawym. Tak to racja. Jednak nie spostrzegłeś nawet, że przy tej okazji rozmawialiśmy o najważniejszym prawie rządzącym procesami galwanotechnicznymi.

A więc stwierdziłeś ruch jonów pod wpływem prądu elektrycznego, w wyniku tego ruchu kationy metalu zobojętniają się i osiadają na elektrodzie ujemnej. Następnie dowiedziałeś się, że tym grubszą otrzymasz warstewkę metalu na katodzie, im więcej prądu przepuścisz przez elektrolit. Mówiąc dokładniej, decyduje tu czas i natężenie prądu. Na przykład taką samą ilość metalu wydzielisz na katodzie, przepuszczając przez 10 godzin prąd o natężeniu 1 A lub przez 5 godzin prąd o natężeniu 2 A, czy wreszcie przez 1 godzinę prąd o natężeniu



10 A. Kiedy i co się lepiej opłaca, duże natężenie, lecz krótki czas, czy odwrotnie, dowiesz się później, zależy to bowiem od wielu różnych okoliczności.

Kto szlachetniejszy?

Teraz chcę Cię zapoznać jeszcze z jednym prawem szczególnie ważnym podczas przeprowadzania procesów galwanotechnicznych w warunkach domowych.

Ani Ty, ani ja nie lubimy suchej, nie poprzedzonej doświadczeniem teorii. Weź więc probówkę, nalej do niej do połowy wody i wrzuć na odmianę 2—3 niebieskie kryształki siarczanu miedziowego $CuSO_4 \cdot 5H_2O$. Dodaj jeszcze do probówki dosłownie 1—2 krople kwasu siarkowego i podczas gdy kryształki będą się rozpuszczały, oczyść drobnym papierem ściernym kawałek żelaznego drutu lub gwóźdź.

Zatkaj probówkę palcem, wstrząśnij dla wymieszania jej zawartości i w roztworze zanurz drut lub gwóźdź żelazny. Czy widzisz, co się stało?

Szarosrebrne żelazo przybrało nagle barwę miedzi. Nie, to nie jest żadne złudzenie optyczne. Żelazny przedmiot pokrywa teraz warstewka najprawdziwszej miedzi. Skąd się ona tu wzięła?

To bardzo proste. Niewielka ilość atomów żelaza przeszła do roztworu, a za to przez wymianę pewna ilość jonów miedzi przeszła w obojętne atomy i osiadła na żelazie.

A spróbuj teraz w probówce z roztworem siarczanu miedziowego zanurzyć skrawek blachy cynkowej. Wynik ten sam, prawda? Blacha cynkowa pokrywa się od razu warstewką miedzi.

Jak widzisz, niektóre metale, takie właśnie jak miedź, można nakładać na inne bez użycia prądu elektrycznego. Gdybyś jednak w ten sam sposób chciał pomiedziować jakiś przedmiot srebrny, spotkałby Cię zawód. Mianowicie miedź nie będzie chciała osiąść na srebrze.

— Dlaczego? — pytasz.

Bo srebro jest bardziej „szlachetne" od miedzi. Dawniej do metali szlachetnych zaliczano złoto, platynę, srebro i miedź. Obecnie za metale szlachetne uważa się złoto, platynę i srebro, a miedź i rtęć są uważane za metale półszlachetne. Ponieważ za miarę szlachetności chemicznej uznano „niechęć" do tworzenia związków, wszystkie metale zostały ułożone w pewien szereg. Na początku tego szeregu znalazły się metale najmniej szlachetne, najłatwiej i najchętniej tworzące związki, na końcu zaś — najbardziej szlachetne, czyli oporne i niechętne do reakcji chemicznych.

Nie będę Ci jednak podawał całego tego szeregu, gdyż z większością tych metali nie będziesz miał do czynienia. Najzupełniej wystarczy, jeśli Ci podam tylko te najważniejsze.

A więc kolejność będzie taka:

Sód	— Na	— najmniej szlachetny
Potas	— K	
Magnez	— Mg	
Glin	— Al	
Cynk	— Zn	
Chrom	— Cr	
Żelazo	— Fe	
Nikiel	— Ni	
Cyna	— Sn	
Ołów	— Pb	
Miedź	— Cu	
Srebro	— Ag	— najbardziej szlachetne
Platyna	— Pt	— najbardziej szlachetne
Złoto	— Au	— najbardziej szlachetne

Jeśli zapamiętasz zasadę, że metal mniej szlachetny zawsze wypiera z roztworu metal bardziej szlachetny, wówczas będziesz mógł wyciągnąć z tego wiele korzyści dla siebie.

A teraz przykłady. Żelazo lub cynk, zanurzone w roztworach soli metali bardziej od nich szlachetnych, będą się pokrywały warstewką tych metali. Sam się już o tym przekonałeś, zanurzając żelazo lub cynk w roztworze siarczanu miedziowego. Patrząc na powyższy szereg metali, łatwo się domyślić, że miedź można będzie posrebrzyć przez zanurzenie w roztworze soli srebra.

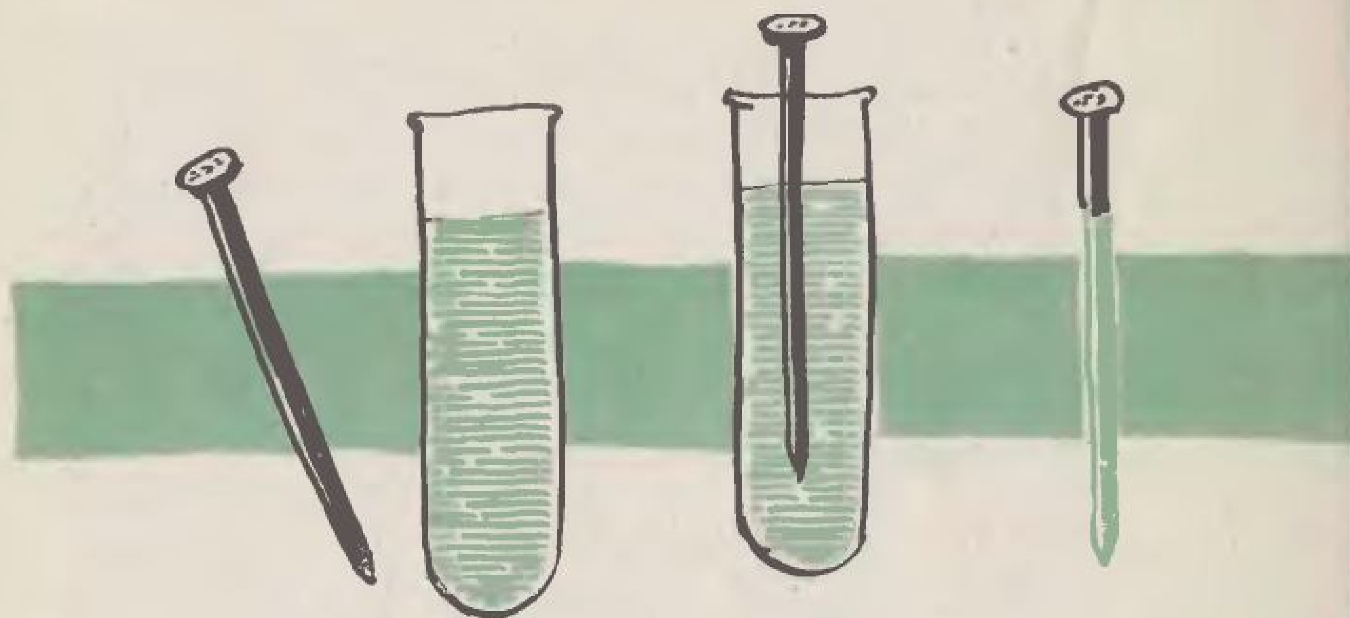
Tak też jest w rzeczywistości i będziesz z tego nieraz korzystać przy srebrzeniu.

A więc zapamiętaj dobrze. Gdy metal mniej szlachetny zanurzysz w roztworze soli metalu bardziej szlachetnego, wówczas z roztworu tego zacznie się wydzielać i osiadać na zanurzonym przedmiocie metal bardziej szlachetny. Oczywiście dla zachowania równowagi jednocześnie taka sama ilość metalu mniej szlachetnego przechodzi do roztworu.

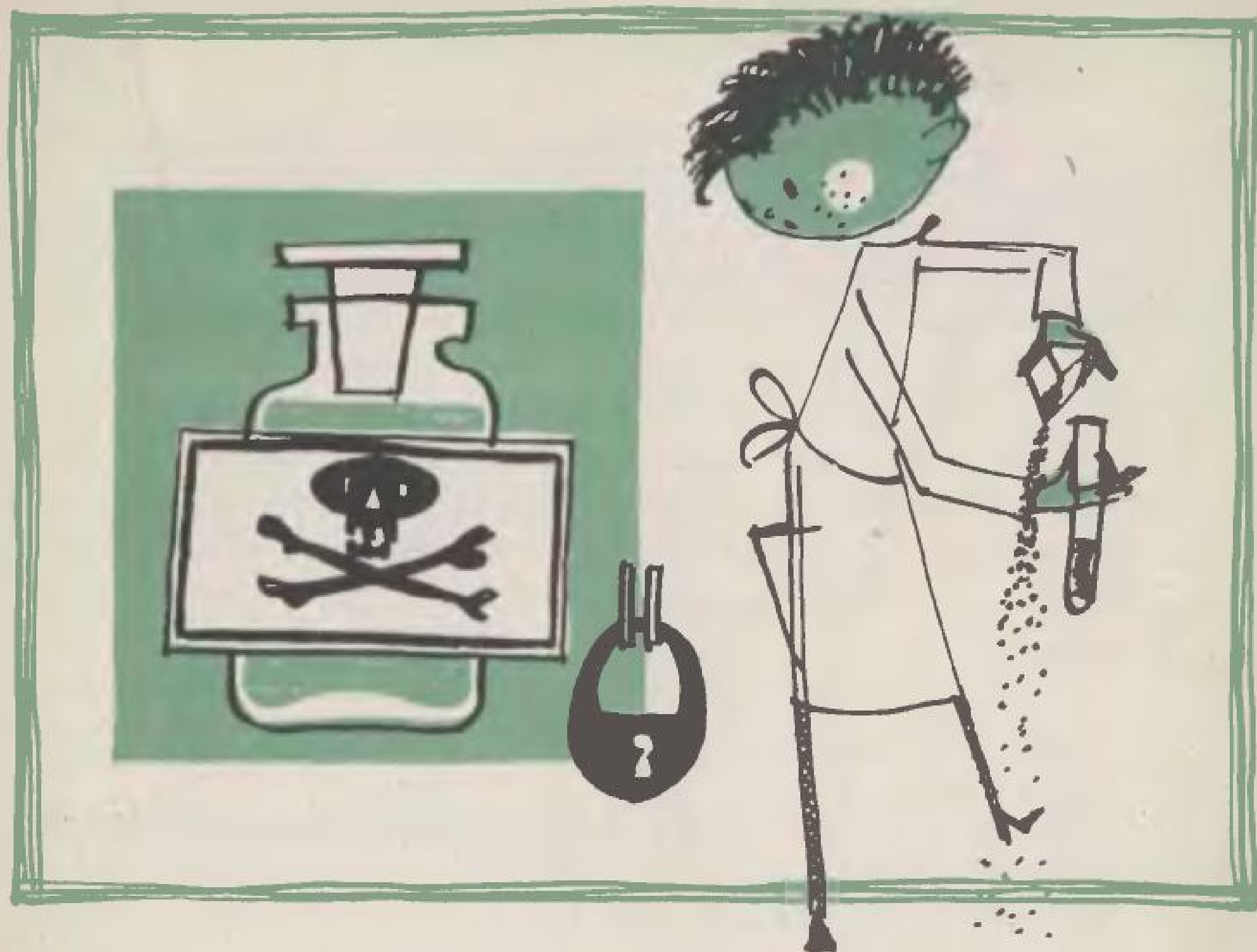
Pytasz, jakie zalety ma tego rodzaju pokrywanie?

Po pierwsze i co jest dla Ciebie chyba najważniejsze, ten ro-

dzaj pokrywania jest możliwy, po drugie — łatwy do przeprowadzenia w warunkach domowych.



Sądzę, że po tych kilku prostych doświadczeniach ilustrujących prawa elektrolizy zrobiłeś pierwszy decydujący krok w kierunku zawarcia znajomości z galwanotechniką.



O TYM, CO MOŻESZ WYKONAĆ SAM

Tak się niedobrze układa, że w skład większości roztworów, czyli kąpieli do pokrywania galwanicznego przy użyciu prądu elektrycznego, wchodzą bardzo silnie trujące związki — cyjanek potasu i cyjanek sodu. Cyjanki są składnikami większości kąpieli do miedziowania, cynkowania, kadmowania, srebrzenia i złocenia. Jestem pewien, że do tej sprawy podejdziesz z całą powagą i zrozumiesz sam, że dla tych trucizn nie ma miejsca w Twoim domu.

W warunkach domowego laboratorium będziesz mógł z powodzeniem stosować pokrywanie metalami bez prądu lub w odpowiednio dobranych kąpielach nie zawierających cyjanków.

Zdaje mi się, że nadszedł już czas, abyśmy powiedzieli sobie szczerze i otwarcie, że nie ma mowy, abyś mógł sam pokrywać takie przedmioty, jak zderzaki samochodowe, ramy wózków i rowerów czy koła motocykli. Pokrywanie tych przedmiotów

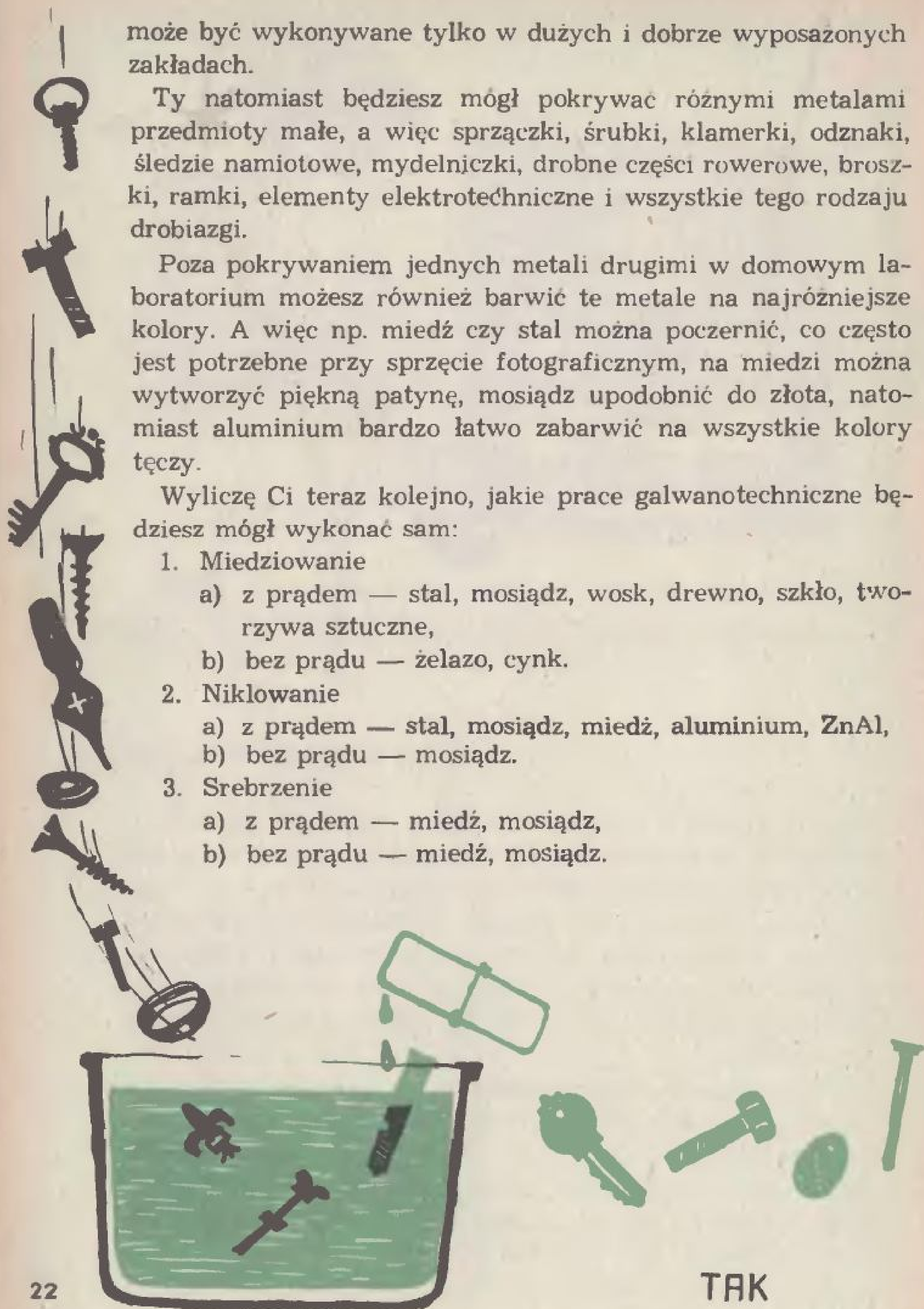
może być wykonywane tylko w dużych i dobrze wyposażonych zakładach.

Ty natomiast będziesz mógł pokrywać różnymi metalami przedmioty małe, a więc sprzączki, śrubki, klamerki, odznaki, śledzie namiotowe, mydelniczki, drobne części rowerowe, broszki, ramki, elementy elektrotechniczne i wszystkie tego rodzaju drobiazgi.

Poza pokrywaniem jednych metali drugimi w domowym laboratorium możesz również barwić te metale na najróżniejsze kolory. A więc np. miedź czy stal można poczernić, co często jest potrzebne przy sprzęcie fotograficznym, na miedzi można wytworzyć piękną patynę, mosiądz upodobnić do złota, natomiast aluminium bardzo łatwo zabarwić na wszystkie kolory tęczy.

Wyliczę Ci teraz kolejno, jakie prace galwanotechniczne będziesz mógł wykonać sam:

1. Miedziowanie
   a) z prądem — stal, mosiądz, wosk, drewno, szkło, tworzywa sztuczne,
   b) bez prądu — żelazo, cynk.
2. Niklowanie
   a) z prądem — stal, mosiądz, miedź, aluminium, ZnAl,
   b) bez prądu — mosiądz.
3. Srebrzenie
   a) z prądem — miedź, mosiądz,
   b) bez prądu — miedź, mosiądz.



TAK

NIE

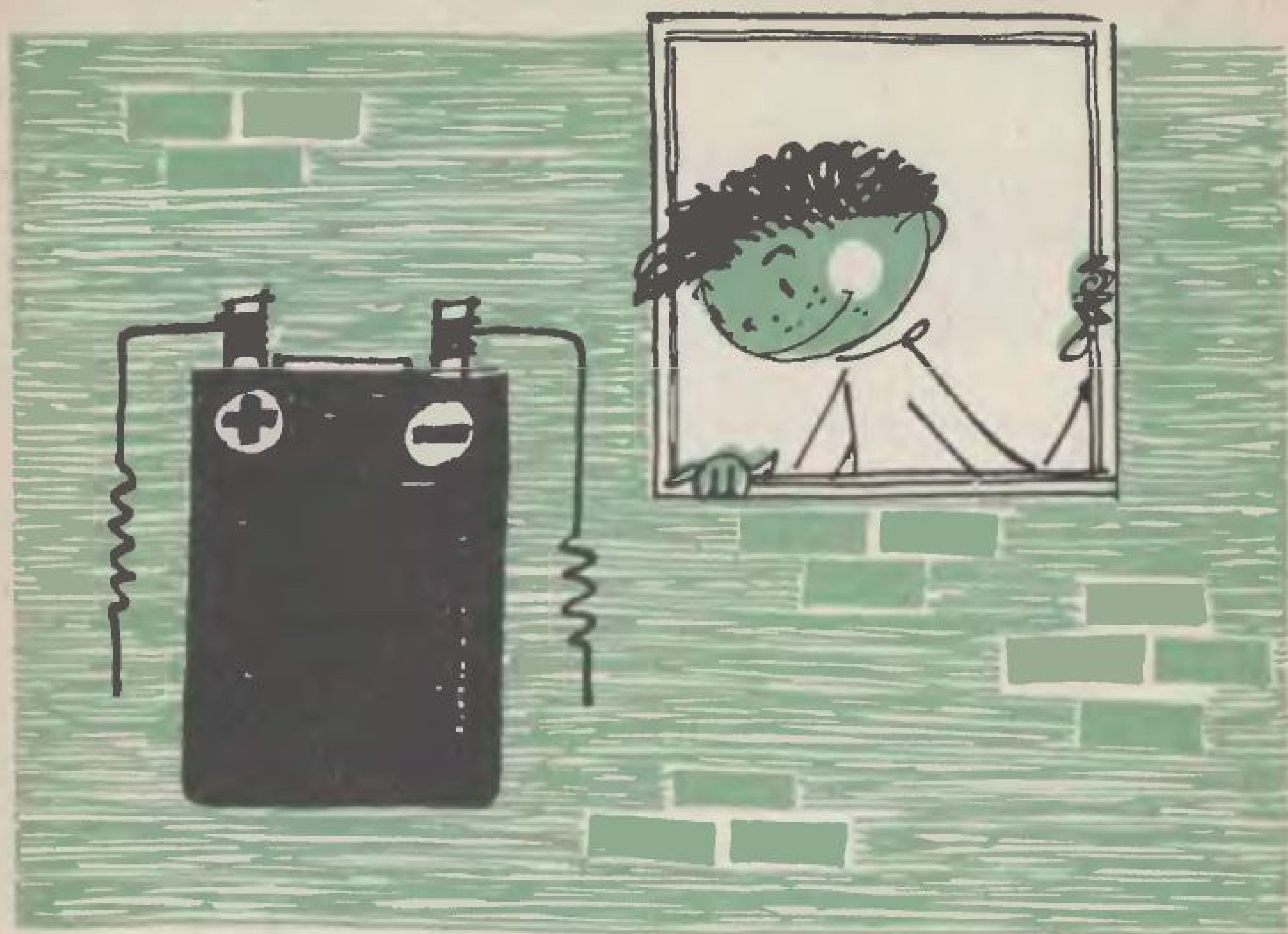


4. Cynkowanie z prądem — stal, miedź, mosiądz.
5. Cynowanie
   a) z prądem — stal, miedź, mosiądz,
   b) bez prądu — stal, miedź, mosiądz,
   c) powłoki krystalitowe.
6. Wykonywanie obwodów drukowanych.
7. Barwienie żelaza.
8. Barwienie miedzi, mosiądzu, brązu.
9. Anodowanie i barwienie aluminium.

Inne procesy galwanotechniczne, jak kadmowanie, złocenie czy chromowanie, nie są dla Ciebie dostępne, gdyż do tego celu są potrzebne bardzo trujące cyjanki, których oczywiście nie można nigdzie kupić, lub też bardzo skomplikowane urządzenia jak np. w przypadku chromowania.

Jednak nie masz się czym martwić. Zapewniam Cię, że jeżeli dobrze opanujesz procesy, których opisy znajdziesz w następnych rozdziałach, będziesz mógł sam wykonać wiele ładnych i praktycznych rzeczy, a zarazem wiedza Twoja zostanie poważnie wzbogacona.





O TYM, CO MUSISZ MIEĆ KONIECZNIE

Gdy inżynierowie projektują fabrykę lub duży zakład przemysłowy, ustalają jakiego rodzaju i ile potrzeba będzie maszyn, urządzeń i surowców. Podobnie chemik, gdy chce przeprowadzić reakcję chemiczną, pisze najpierw jej wzór na papierze i na tej podstawie oblicza ilość odpowiednich chemikaliów oraz ustala niezbędne wyposażenie laboratorium.

To samo obowiązuje Ciebie. Pamiętaj, że największą wadą chemika jest tzw. słomiany ogień. Zapalisz się nagle do jakiegoś procesu i od razu chcesz go przeprowadzić. Bez zastanowienia podejmujesz decyzję. Szybko, szybko zabierasz się do roboty i oto nagle okazuje się, że brak Ci jednego podstawowego odczynnika lub jakiegoś drobiazgu z wyposażenia pomocniczego. W takim przypadku od razu się zniechęcasz i na marne idzie poprzednio zużyty czas i chemikalia.

Tak nie wolno. Zaczynając pracę galwanotechniczną powinieneś przede wszystkim poznać zachodzące procesy, następnie zaznajomić się dokładnie z opisem postępowania oraz mieć zgromadzone wszystkie surowce i wyposażenia pomocnicze.

Osobiście sądzę, ale oczywiście mogę się mylić, że największe trudności będziesz miał ze zdobyciem bądź wykonaniem wyposażenia pomocniczego.

Źródła prądu

Do wszelkich procesów galwanicznego pokrywania przy pomocy prądu jest oczywiście potrzebne odpowiednie źródło prądu. Do prac galwanotechnicznych jest konieczny prąd stały o niskim napięciu, czyli nie można do tego celu używać transformatora i prądu z sieci oświetleniowej.

Najodpowiedniejszym źródłem prądu stałego do Twoich prac będzie akumulator o dużej pojemności (np. motocyklowy lub jeszcze lepiej samochodowy) lub prostownik z transformatorkiem włączanym do sieci oświetleniowej.

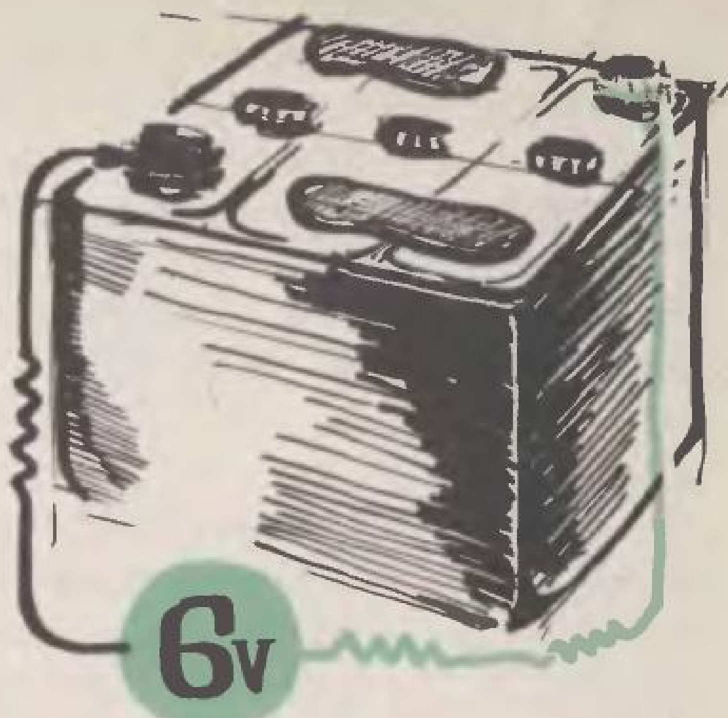
Wspomnę Ci jeszcze o jednym źródle prądu stałego, a mianowicie o prądnicy samochodowej. A może ją posiadasz? Na osi takiej prądnicy osadza się drewniane śmigło i całość ustawia na dachu, drzewie lub wysokim słupie. Siła wiatru będzie poruszać prądnicę, a ta z kolei dostarczy prądu. Ponieważ jednak wiatr wieje bardzo nierówno, trzeba mieć koniecznie przynajmniej mały akumulator.

Prądnicę samochodową również można połączyć z silnikiem elektrycznym poruszanym prądem czerpanym z sieci. W tym przypadku prąd dostarczany przez prądnicę nadaje się doskonale do prac galwanotechnicznych.

W ostateczności można zastosować bateryjki płaskie do latarek kieszonkowych. Dla przeprowadzenia godzinnego procesu trzeba użyć co najmniej 6—8 bateryjek połączonych szeregowo i równolegle.

Przy galwanicznym pokrywaniu metalami stosuje się napięcie nie przekraczające 4—5 V. Tylko do elektrolitycznego utleniania aluminium, koniecznego przed jego barwieniem, i przy chromowaniu, niezbędne jest napięcie 16—20 V.

6 WOLTÓW
1 AMPER
10 GODZIN



Parę słów o akumulatorach

Jak pewnie wiesz, akumulatory samochodowe i motocyklowe składają się z połączonych ze sobą 3 lub 6 pojedynczych ogniw. Każde takie ogniwo daje prąd o napięciu 2 V. W akumulatorze 6 V są więc trzy ogniwa 2 V połączone szeregowo. Szeregowe połączenie polega na tym, że plus (+) jednego ogniwa jest połączony z minusem (−) następnego ogniwa itd. Przy takim połączeniu napięcia poszczególnych ogniw sumują się.

2 WOLTY
1 AMPER
30 GODZIN



Do Twoich celów napięcie 12 V lub nawet 6 V jest zbyt wysokie. Rozłącz więc wszystkie ogniwa i połącz je równolegle, to znaczy do jednego grubego drutu miedzianego dołącz wszystkie ujemne bieguny ogniw, do drugiego zaś drutu — wszystkie bieguny dodatnie.

Gdy tak postąpisz, z całego akumulatora otrzymasz napięcie tylko 2 V, ale za to dostarczy on prądu o znacznie większym natężeniu, a ponadto będziesz mógł znacznie dłużej pracować. Podam Ci dla przykładu, że motocyklowy akumulator 6 V może dostarczać prądu o natężeniu 1 A średnio przez 10 godzin. Jeżeli jednak wszystkie jego ogniwa połączysz równolegle, wówczas da on napięcie 2 V, ale za to prąd o natężeniu 1 A można będzie z niego czerpać przez 30 godzin. Nie wątpisz chyba, że przeróbka taka się opłaci, prawda?

Prostownik własnej konstrukcji

Mamy różne rodzaje prostowników, jak np. lampowe, krzemowe, selenowe i elektrolityczne. Każdy z nich zamienia prąd zmienny z sieci na prąd stały, który nadaje się do prac galwanotechnicznych.

Uwaga: napięcie prądu w sieci oświetleniowej wynosi 220 V, tymczasem Ty do swych prac potrzebujesz najwyżej 20 V. Stąd wniosek, że chcąc zastosować prostownik, **musisz mieć koniecznie transformator** obniżający napięcie prądu zmiennego 220 V do ok. 10—20 V.

Wszystkie prostowniki są drogie i trudne do samodzielnego wykonania, z wyjątkiem ostatniego z wymienionych — prostownika elektrolitycznego. Właśnie taki prostownik możesz i powinieneś wykonać, gdyż nadaje się on doskonale do prac galwanotechnicznych oraz ładowania akumulatorów.

Przede wszystkim trzeba rozwiązać zagadnienie naczynia. Możesz użyć szklanego naczynia, np. od mokrego ogniwa Leclanchego lub od akumulatora ołowiowego; możesz zastosować również naczynie kamionkowe, fajansowe lub nawet szczelnie zbitą skrzynkę z drewna sosnowego lub twartej płyty pilśniowej. Wymiary naczynia powinny wynosić 10×10×20 cm. Jeśli wybierzesz skrzynkę drewnianą, to musisz ją najpierw

starannie zaimpregnować. W tym celu zupełnie suche drewno skrzynki nasyć od wewnątrz dwa razy gorącym, prawie wrzącym pokostem. Gdy pokost wyschnie, wylej następnego dnia wnętrze skrzynki smołą.

Niezależnie od tego, jakie będzie Twoje naczynie, doróbdo niego drewnianą pokrywę. Pokrywę tę również zaimpregnuj pokostem a potem pokryj smołą.

A teraz sprawa elektrod.

Jedna z nich musi być wykonana z aluminium. Ponieważ zależy Ci na mocy prostownika, elektrodę trzeba wykonać z blachy aluminiowej. Im większa będzie powierzchnia blachy, tym większe natężenie prądu będziesz mógł pobierać z Twego prostownika.

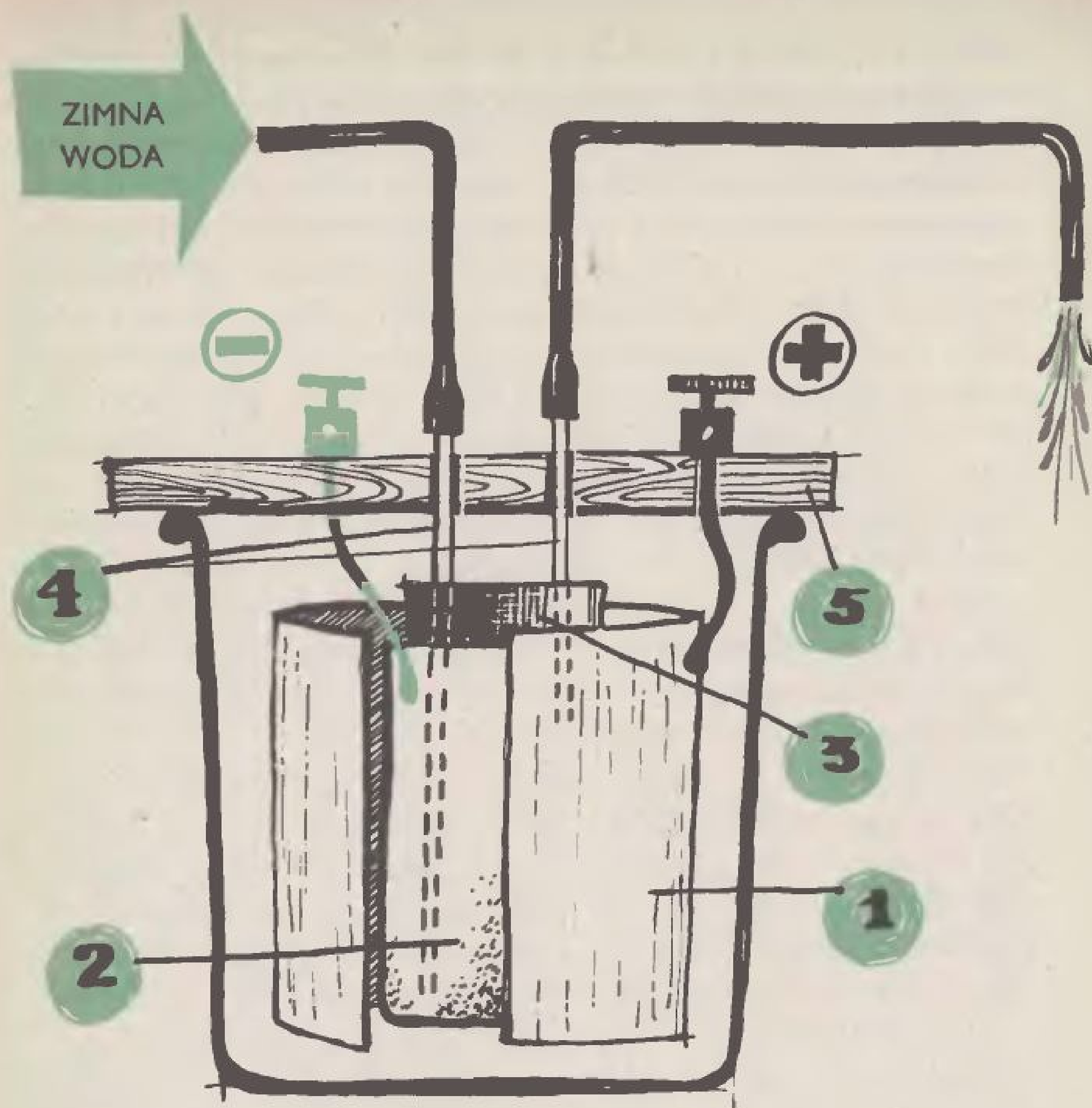
Kształt i wymiary elektrody aluminiowej dopasuj do kształtu i wielkości posiadanego naczynia. Pamiętaj jednak, że pomiędzy elektrodą a ścianami naczynia musi być zachowana odległość 15 mm (zarówno od dna, jak i od boków). Blachę aluminiową, z której ma być wykonana elektroda, zależnie od wielkości i kształtu naczynia, możesz wygiąć w kształcie walca lub czworoboku.

Mała praktyczna wskazówka. Ponieważ elektroda aluminiowa zużywa się w miarę pracy prostownika, wykonaj ją z blachy możliwie jak najgrubszej, a ponadto tak umocuj ją w pokrywie, aby wymiana była jak najłatwiejsza.

Na pokrywie naczynia zamocuj zacisk połączony z elektrodą aluminiową. Ponieważ zacisk ten będzie biegunem dodatnim, zgodnie z przyjętym oznaczeniem, pomaluj go na czerwono.

A druga elektroda? — nie denerwuj się, masz do wyboru aż dwa metale — ołów i żelazo. Z jednego z tych metali możesz wykonać zwykłe płaskie elektrody o powierzchni zbliżonej do powierzchni elektrody aluminiowej. Uprzedzam Cię jednak, że tak wykonany element prostowniczy będzie miał pewną wadę. Mianowicie, gdy obciążysz go podczas pracy, elektrolit będzie się silnie rozgrzewał, prawie aż do wrzenia.

Jeżeli do sporządzania elektrolitu użyjesz węglanu amonu $(NH_4)_2CO_3$, to rozgrzewanie się płynu nie wpłynie na pracę prostownika, będziesz jednak musiał stale uzupełniać wyparowujący roztwór. Jeżeli elektrolit wykonasz z kwaśnego węglanu sodu $NaHCO_3$, wówczas po rozgrzaniu się elektrolitu wskutek



1 ELEKTRODA ALUMINIOWA (+)

2 ELEKTRODA OŁOWIANA (—)

3 KOREK GUMOWY

4 RURKI SZKLANE

5 POKRYWA DREWNIANA

intensywnej pracy prostownik odmówi Ci posłuszeństwa. Dlatego najlepiej będzie wykonać drugą elektrodę nie w postaci płaskiej blaszki, lecz w kształcie zamkniętego u dołu walca.

Widzę, że krzywisz się z niezadowolenia. Trudno mój drogi, pieczone gołąbki nie lecą same do gąbki. Wygięcie blachy ołowianej w rurę, a następnie zlutowanie brzegów ołowiem nie jest znów takie trudne. Potem z blachy ołowianej wytniesz kółko o odpowiedniej średnicy i wlutujesz je szczelnie, tak aby powstało dno walca. Przypomnę Ci, że możesz pójść do składnicy złomu i tam znaleźć potrzebne Ci materiały. Doskonałą rurą ołowianą może być np. pancerz grubego kabla telefonicznego. Ponadto w starych instalacjach sanitarnych przewody wodne były wykonywane często właśnie z rur ołowianych.

Jeżeli jednak nie zdobędziesz ani rury, ani blachy ołowianej, wówczas nie zniechęcaj się i zrób drugą elektrodę z rury żelaznej. Otwór takiej rury zatkaj z jednej strony szczelnie korkiem gumowym lub z PCW.

Niezależnie od rodzaju metalu elektroda-walec musi mieć taką długość, aby wisząc 1,5—2 cm nad dnem naczynia wystawała jeszcze 1—2 cm ponad jego pokrywę. Tę elektrodę możesz umocować na stałe w pokrywie naczynia i połączyć ją grubym przewodem z drugim zaciskiem pomalowanym na kolor czarny. Zacisk ten będzie biegunem ujemnym.

Ja tu mówię swoje, a Ty widzę przestałeś pracować i z powątpiewaniem kręcisz głową. Bo jaki właściwie cel ma wykonanie elektrody ołowianej lub żelaznej w postaci zamkniętego z jednej strony walca? Przecież to i kłopotliwe i pracochłonne. Masz rację. Roboty z tym jest sporo, ale tak wykonana elektroda spełni podwójną rolę: będzie odprowadzała prąd i będzie zarazem bardzo skuteczną chłodnicą dla elektrolitu.

Aby jednak była tą pełnowartościową chłodnicą, postaraj się o korek gumowy odpowiedniej wielkości oraz dwie rurki szklane o średnicy 4—6 mm. Obie rurki szklane przeprowadź szczelnie przez otwory w korku gumowym. Jedna rurka jest krótka, 4—5 cm, druga zaś powinna sięgać prawie dna metalowego walca-elektrody.

Dla wypróbowania szczelności Twojej elektrody-chłodnicy górny jej otwór zamknij korkiem gumowym. Przez wąż gumo-

wy, nałożony na rurkę szklaną sięgającą dna naczynia, nalej wody. Na drugą, krótszą rurkę szklaną nałóż także wąż gumowy. Wężem tym będzie odpływać woda z elektrody. Jeżeli cały układ podczas przepływu wody okaże się szczelny, możesz już przystąpić do wykańczania elementu prostowniczego, a więc do przygotowania elektrolitu.

Jeżeli drugą elektrodę wykonałeś z ołowiu, jako elektrolit możesz zastosować:

a) 7-8-procentowy roztwór wodny kwaśnego węglanu sodu $NaHCO_3$

b) 10-procentowy roztwór wodny węglanu amonu $(NH_4)_2CO_3$.

Natomiast w przypadku gdy drugą elektrodę wykonałeś z żelaza jako elektrolit możesz zastosować:

a) nasycony w temperaturze 20°C roztwór wodny kwaśnego węglanu sodu $NaHCO_3$

b) 15-procentowy roztwór wodny węglanu amonu $(NH_4)_2CO_3$.

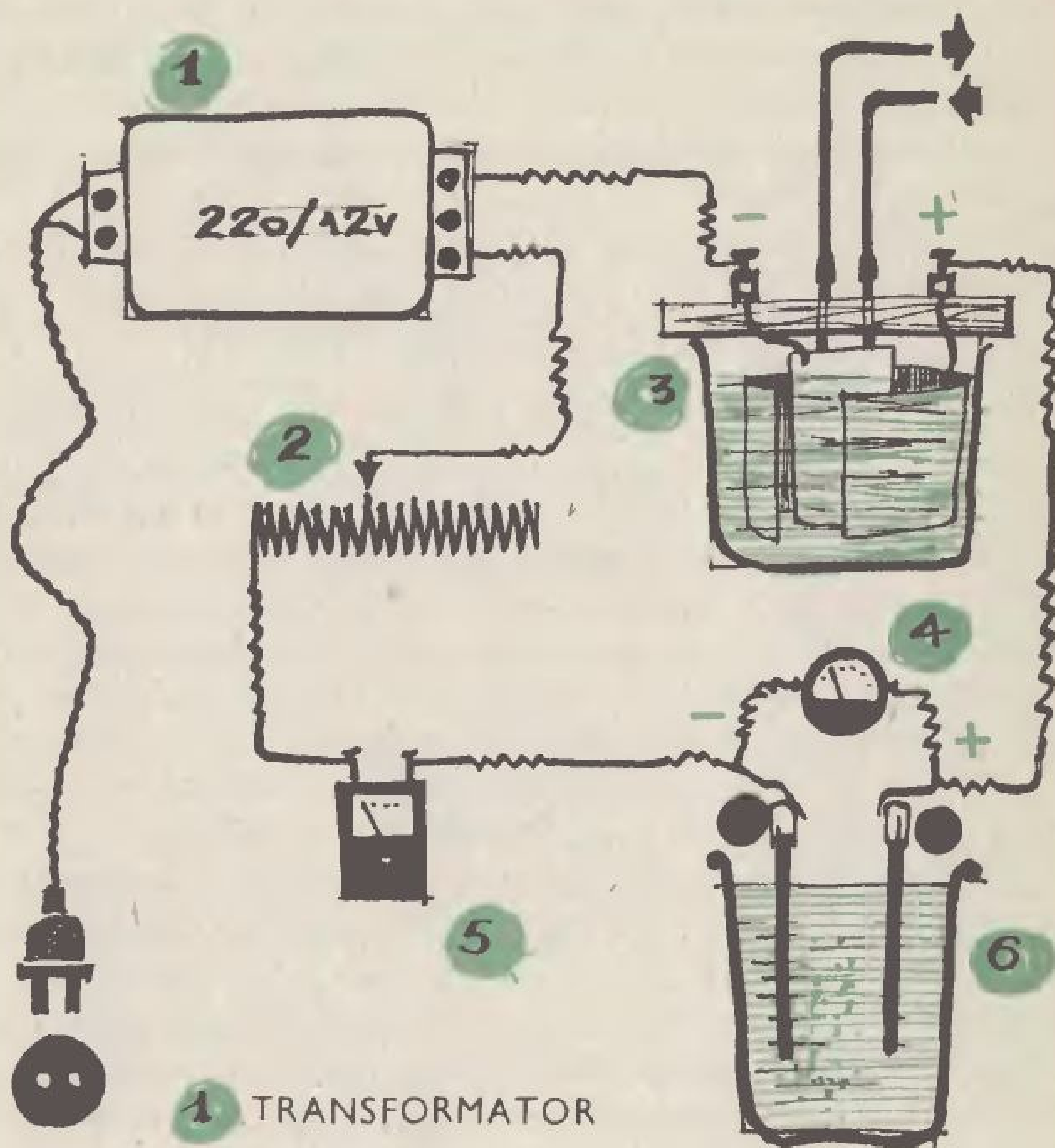
Chcę Ci jeszcze przypomnieć, jak należy wykonać nasycony roztwór kwaśnego węglanu sodu. Roztwór nasycony to taki roztwór, w którym w danej temperaturze więcej danej substancji nie może się już rozpuścić. W Twoim przypadku w 100 ml wody w temperaturze 20°C rozpuścić się może jedynie około 15 g $NaHCO_3$. Aby mieć pewność, że roztwór jest nasycony, na każde 100 ml wody weź około 18 g $NaHCO_3$.

Natężenie prądu, jakie będzie można czerpać z prostownika zależy od powierzchni elektrod. Z 10 cm^2 powierzchni można już bowiem pobierać 1 A.

Sądzę, że do zasilania Twego prostownika dobry będzie transformator typu radiowego 220/12 V lub tzw. transformator bezpieczeństwa obniżający napięcie prądu z sieci z 220 do 24 V. Transformatory takie wbudowane w aluminiowe osłony są stosowane powszechnie w warsztatach i garażach do zasilania lamp przenośnych.

Sposób połączenia prostownika elektrolitycznego, transformatorka oraz zlewki do elektrolizy podaję Ci na rysunku na str. 32.

Jeżeli dysponujesz już odpowiednim transformatorkiem, to możesz również wykonać mały prostowniczek z czterech pły-



1 TRANSFORMATOR

2 OPORNIK

3 PROSTOWNIK WŁASNEJ KONSTRUKCJI

4 WOLTOMIERZ

5 AMPEROMIERZ

6 ZLEWKA DO ELEKTROLIZY

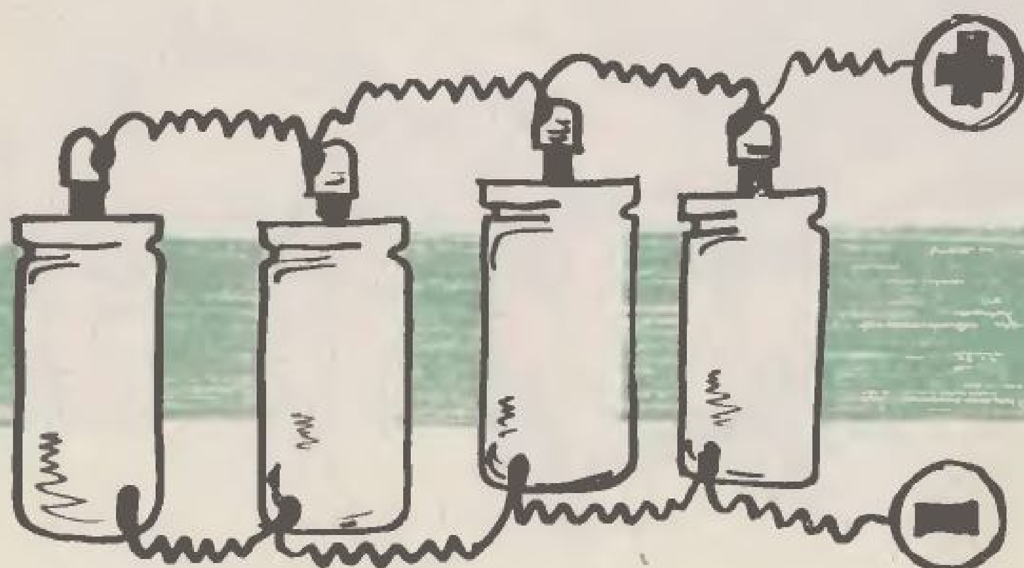
tek selenowych. Gotowe zestawy takich płytek można nabyć w sklepach elektrotechnicznych oraz w sklepach ze sprzętem radiowym. Proszę Cię tylko, abyś kupując zestaw płytek selenowych dokładnie się upewnił, do jakiego napięcia i natężenia prądu jest on przeznaczony, bowiem w sprzedaży bywają zestawy różne. Tobie, ze względu na planowany zakres prac, potrzebne będzie napięcie rzędu 3—5 V przy możliwie jak największym natężeniu prądu (1—3 A).

Bateryjki — zupełna ostateczność

Gdy nie posiadasz akumulatora ani żadnego innego źródła prądu stałego, kup 3 płaskie bateryjki lub jeszcze lepiej 4 krótkie okrągłe R 20. Weź teraz lutownicę i cynę, połóż okrągłe bateryjki równo jedna obok drugiej i wszystkie metalowe kapturki (bieguny dodatnie), przylutuj do jednego wspólnego drutu. Podobnie połącz metalowe denka bateryjek, przylutowując je do drugiego wspólnego drutu.

Pojedyncza, okrągła bateryjka daje prąd o napięciu 1,5 V. Jednak, gdy połączysz je, tak jak podałem, równolegle, otrzymasz zespół, z którego będzie można czerpać prąd o natężeniu 0,5 A przez kilkanaście godzin.

Podobny zespół możesz wykonać rozbierając bateryjki płaskie. Każda taka bateryjka składa się, jak wiesz, z 3 pojedynczych ogniw (kubeczków cynkowych) połączonych szeregowo. Ogniwa z 3 bateryjek płaskich rozłącz i wszystkie 9 sztuk połącz równolegle (wszystkie pałeczki węglowe razem i wszy-



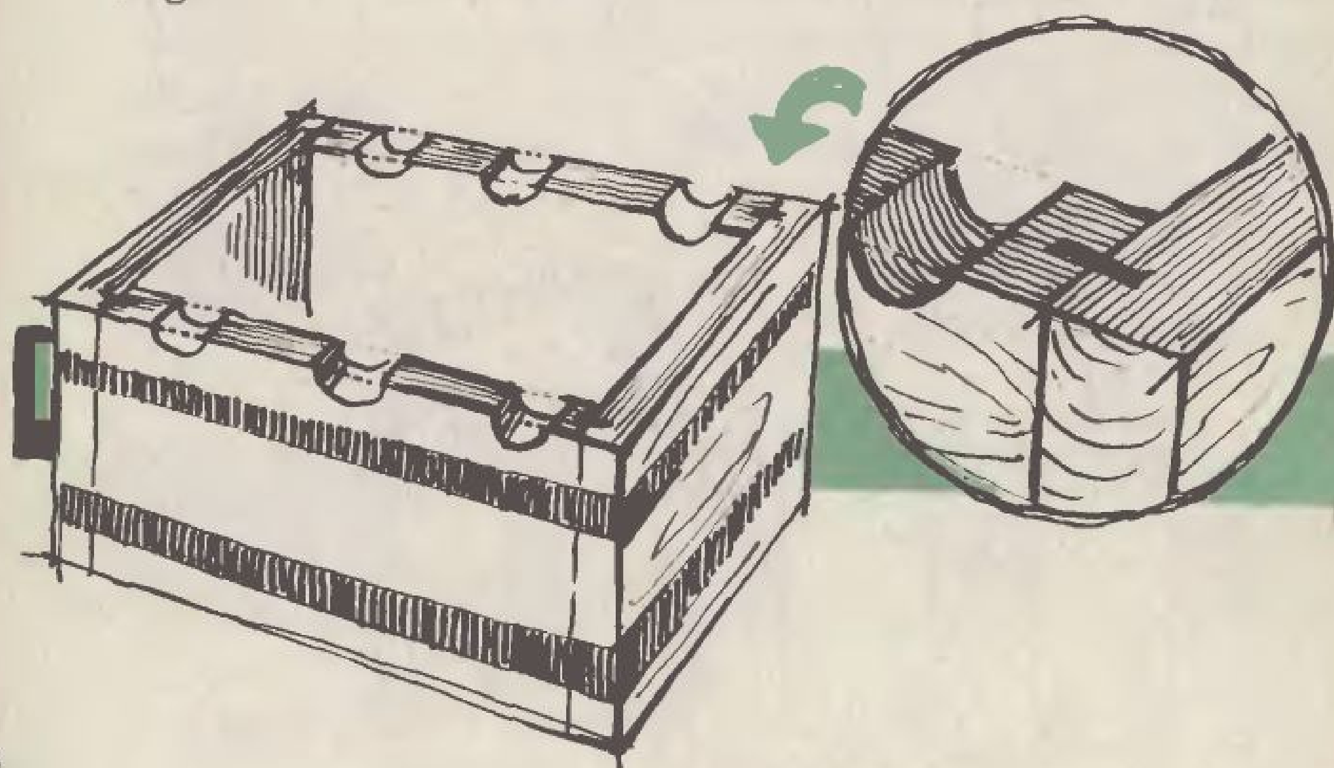
stkie kubeczki razem). Taki zespół będzie wytwarzać prąd o napięciu tylko 1,5 V, ale za to popracuje kilkanaście godzin.

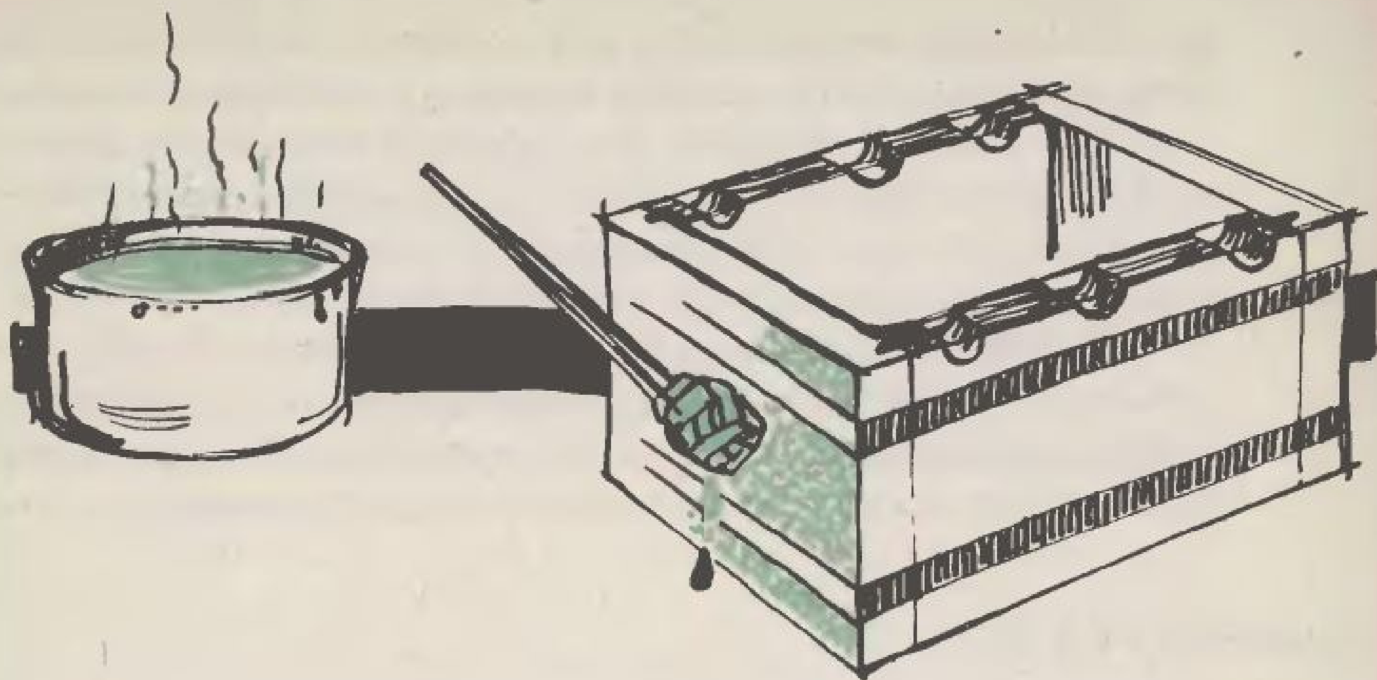
Do prac galwanotechnicznych musisz postarać się, oprócz źródła prądu również o woltomierz i amperomierz prądu stałego.

Wanna, ale nie kąpielowa

Teraz przychodzi kolej na naczynia zwane w języku fachowym wannami, w których będziesz dokonywać pokrywania metalami przy pomocy prądu elektrycznego. Ponieważ nie będziesz prowadził elektrolitycznego pokrywania dużych przedmiotów, twoja wanienka nie powinna być zbyt duża, to znaczy jej pojemność powinna wynosić najwyżej 2 litry.

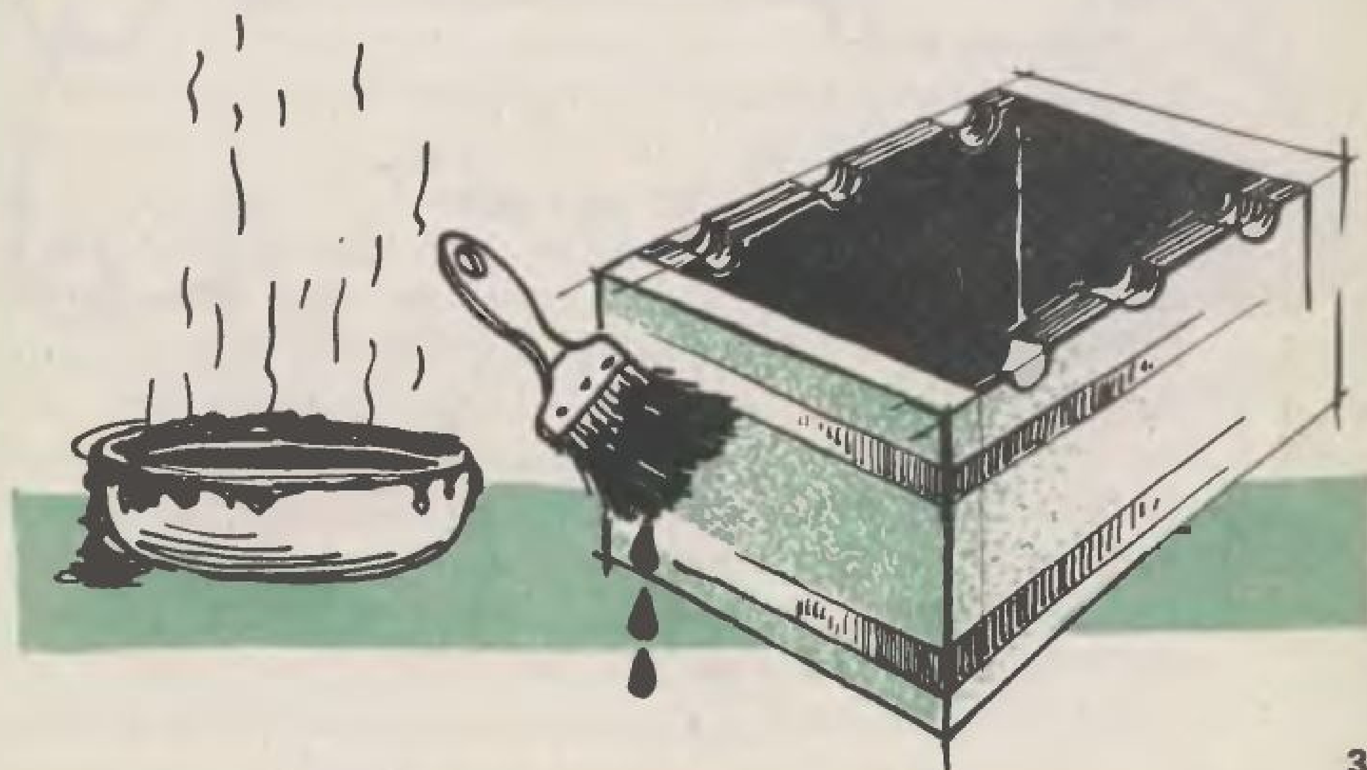
Niepotrzebnie się martwisz, z czego taką wanienkę wykonać. Myślę, że w ogóle nie powinieneś jej robić, lecz postarać się o już gotową. Może być wykonana ze szkła, porcelany, fajansu, kamionki, ebonitu, a nawet drewna lub twardych płyt pilśniowych. Pamiętaj, że wanienka powinna być prostokątna, a nie okrągła, a więc nie radzę używać zwykłych słoików szklanych. Z powodzeniem natomiast możesz wykorzystać małe akwarium szkolne, ebonitową lub polipropylenową skrzynkę po akumulatorze samochodowym czy polistyrenowe pudełko, których teraz jest wiele w sklepach z artykułami gospodarstwa domowego.





Gdybyś jednak w żaden sposób nie mógł zdobyć gotowej wanny, wówczas niestety trzeba ją będzie wykonać samemu. Najlepiej do tego celu nadają się deseczki sosnowe lub arkusze twardej płyty pilśniowej. Z takiego materiału zbij, ale dokładnie i szczelnie skrzyneczkę o wymiarach wewnętrznych około 80×150 mm i wysokości 110 mm.

Taką drewnianą wanienkę zanim napełnisz odpowiednim roztworem, trzeba najpierw zaimpregnować, a następnie dokładnie uszczelnić. Do impregnacji drewna lub płyty pilśniowej najlep-



szy będzie gorący pokost. Wlej więc pokost do blaszanej puszki, postaw ją na płytce azbestowej leżącej na kuchence elektrycznej lub trójnogu i w czasie, gdy pokost będzie się grzał, owiń koniec patyka czy mocnego drutu grubą warstwą tkanin. Gdy pokost ogrzeje się prawie do wrzenia, umocz w nim szmatkę i nacieraj nią miejsce obok miejsca wnętrze skrzynki. Suche drewno lub płyta pilśniowa bardzo silnie wchłania gorący pokost. Po 2- 3-krotnym takim zaimpregnowaniu skrzynka powinna przeschnąć w ciepłym miejscu przez 24 godziny, po czym możesz już ją szczelnie pokryć wewnątrz smołą.

O szynach słów kilka

Z kolei musisz się zająć tzw. szynami, czyli metalowymi prętami, na których będą zawieszane anody oraz przedmioty przeznaczone do pokrycia. Każda wanienka ma 3 szyny. Możesz je wykonać z pręta mosiężnego lub grubego drutu miedzianego czy mosiężnego. Pręt na szynę może być okrągły, kwadratowy lub sześciokątny. Pamiętaj, że żelazo na pręty się nie nadaje, gdyż bardzo szybko ulega korozji.



Szyny kładzie się w poprzek wanienki na jej górnej krawędzi. Jedną szynę, na której będziesz zawieszać przedmioty, połóż w połowie długości wanienki. Dwie pozostałe rozmieść równolegle do środkowej w odległości 4—5 cm.

Jeżeli wanienka jest wykonana z drewna lub płyty pilśniowej, wytnij scyzorykiem na jej dwu górnych krawędziach

rowki, w których spoczną szyny. W przyszłości przekonasz się sam, jak wygodne i praktyczne w pracy jest takie nieskomplikowane unieruchomienie prętów.

Do końca każdej szyny radzę Ci przylutować lub przykręcić na śrubę izolowane, miękkie przewody co najmniej metrowej długości. Do tego celu najlepiej nadaje się nie pojedynczy drut, lecz plecionka w gumie lub igelicie, taka jakiej się używa na sznury do lamp. Pomimo pewnego kłopotu przewody najlepiej jest przylutować do szyn, bo tylko takie połączenie gwarantuje zawsze pewny styk.

Kolej na anody

W skład niezbędnego wyposażenia wanny wchodzą jeszcze tzw. anody, czyli blachy wykonane z takiego metalu, jakim mamy zamiar prowadzić pokrywanie.

O dwie blaszki niklowe o wymiarach 40×70 mm musisz się niestety postarać sam, natomiast anody miedziane zaraz sobie wykonasz. Przygotuj więc dwie cienkie blaszki miedziane, mosiężne lub żelazne o wymiarach 60×80 mm oraz możliwie duże ilości izolowanego drutu miedzianego.

Przygotowanie elektrolitu

Mając już to wszystko gotowe, przystępujesz do przygotowania elektrolitu. W zlewce szklanej, zawierającej 1 litr świeżo przegotowanej i ochłodzonej wody, rozpuść 160 g krystalicznego siarczanu miedziowego $CuSO_4 \cdot 5H_2O$. Gdy te niebieskie kryształki już całkowicie się rozpuszczą, do roztworu dodaj bardzo powoli i małymi porcjami 130 ml stężonego kwasu siarkowego. Pamiętaj jednak, że **kwas siarkowy, a zwłaszcza stężony jest substancją bardzo silnie żrącą i parzącą.** Pracuj więc jak najostrożniej, a całą tę manipulację z dolewaniem kwasu do zlewki wykonaj albo na dworze albo w dużej emaliowanej miednicy.

Kwas siarkowy rozpuszczając się w wodzie wydziela duże ilości ciepła. Gdyby więc pod wpływem ciepła lub przez uderzenie przy mieszaniu zlewka pękła, a jej zawartość rozlała się na stół i podłogę, spowodowałoby to duże straty. A więc

jeszcze raz przypominam, pracuj ostrożnie, bez pośpiechu i zawsze z odpowiednim zabezpieczeniem, tak jak przystało na prawdziwego chemika.

Handlowy stężony kwas siarkowy jest 90-procentowym roztworem, gdybyś więc posiadał kwas o mniejszym stężeniu, to musisz go użyć odpowiednio więcej.

Wodny roztwór siarczanu miedziowego z dodatkiem kwasu siarkowego wlej do swojej wanienki i połóż na jej krawędziach dwie boczne szyny. Na szynach tych zawieś pasemka nieizolowanego (np. z uzwojeń transformatorów) drutu miedzianego, tak aby zapewnić dobry styk. Pasemka drutu muszą być tej długości, aby zawieszone na szynie znajdowały się w odległości 2 cm nad dnem wanienki.

Jeżeli użyty przez Ciebie drut miedziany jest stary i zaśniedziały, to pasemka przed zawieszeniem na szynie musisz zanurzyć na parę sekund do 10-procentowego roztworu kwasu azotowego. Gdy rozpocznie się gwałtowna reakcja rozpuszczania miedzi, pasemka natychmiast wyjmij z kwasu i starannie opłucz wodą. Natomiast druty miedziane błyszczące możesz zwinąć w pasemka i od razu zawieszać na szynach.

Teraz do środkowej szyny, ale jeszcze na sucho, poza wanienką, przymocuj jedną z przygotowanych blaszek. I tu również zwróć baczną uwagę na dobry styk blaszki z szyną. Blaszki tej nie wolno tak długo zanurzać w roztworze, dopóki do wanienki nie podłączysz prądu.

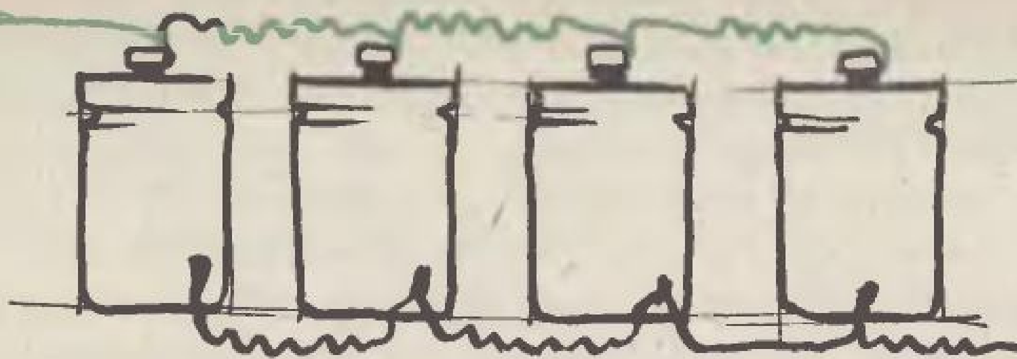
Oczywiście musi to być prąd stały. Napięcie będzie potrzebne bardzo małe 0,6—1 V, a gęstość prądu do 5—6 A/dm^2.

Im większe natężenie prądu zastosujesz, tym czas potrzebny do „produkcji" Twojej anody będzie krótszy i odwrotnie.

Jeżeli źródło prądu masz już gotowe, dodatni jego biegun połącz z przewodami biegnącymi od dwu szyn, na których wiszą pasemka drutu miedzianego.

Z kolei biegun ujemny źródła prądu trzeba połączyć z przewodem przylutowanym do szyny środkowej, gdzie już jest przymocowana blaszka. Gdy połączenie to wykonasz, szynę z blaszką połóż na krawędzi wanienki dokładnie w jej środku, tak aby blaszka zanurzała się w elektrolicie.

O, jeszcze zapomniałem o jednym. Przed zanurzeniem blaszki w elektrolicie wypełniającym wanienkę, oczyść ją dokładnie

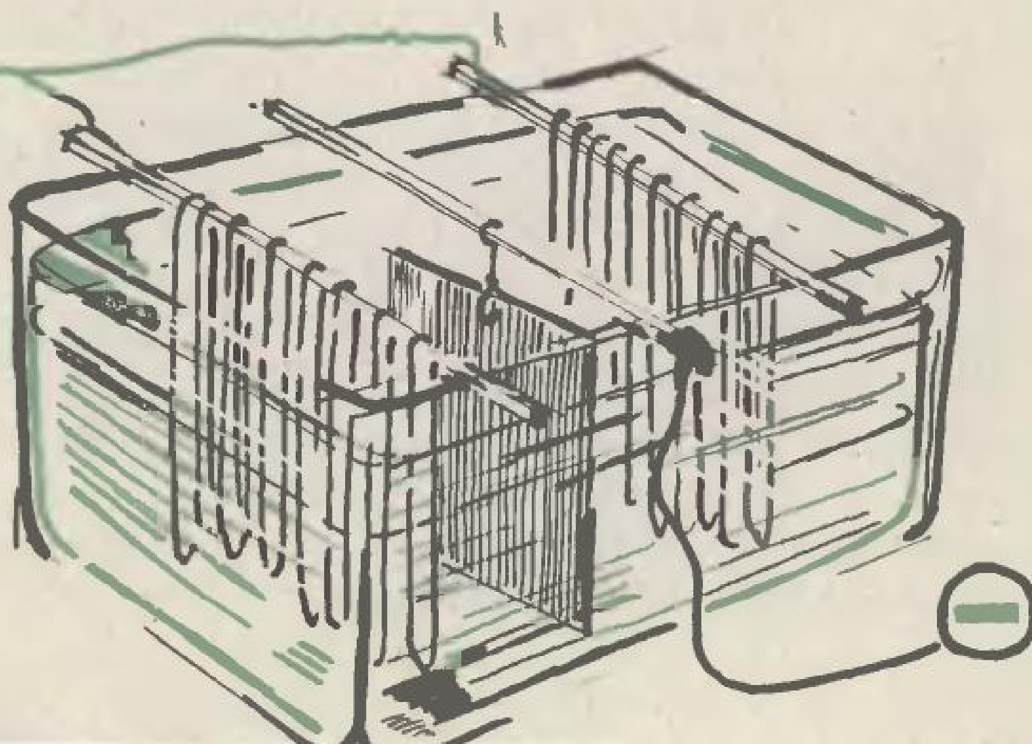


papierem ściernym i postaraj się zmierzyć możliwie dokładnie jej grubość.

To już wszystko. Teraz tylko trochę cierpliwości, a prąd elektryczny zaprzęgnięty do pracy wykona Ci odpowiednią anodę miedzianą.

Ponieważ jestem przekonany, że interesuje Cię bardzo proces zachodzący w wanience, więc mniej więcej po godzinie, nie wyłączając prądu, podnieś środkową szynę i obejrzyj dokładnie blaszkę.

Jej wygląd trochę się już zmienił, prawda? Jeśli była mosiężna lub żelazna, to przede wszystkim rzuca się w oczy jej nowa barwa, barwa miedzi. Zapewniam Cię, że zmieniła się również jej grubość, ale po godzinie zmiana ta jest jeszcze zbyt mała, aby stwierdzić ją tak na oko.



Zawieś więc blaszkę z powrotem w elektrolicie i pozwól prądowi dalej pracować. Najlepiej będzie, jeżeli całe urządzenie pozostawisz w ciepłym miejscu na całą noc. Następnego dnia rano stwierdzisz natychmiast, że większość pasemek drutu miedzianego gdzieś znikła. Zdejmij wobec tego blaszkę z szyny środkowej i spłucz ją dokładnie bieżącą wodą. Teraz już nawet na oko widać, że blaszka stała się grubsza, nieprawdaż? Zresztą najlepiej jest ją zmierzyć.

Chwilowo anoda o tej grubości wystarczy Ci, ale trzeba przecież wykonać jeszcze jedną taką samą.

Ponieważ z pasemek drutu miedzianego, zawieszonych na obu szynach, niewiele już pozostało, zawieś ich następną porcję pamiętając tylko o zapewnieniu im dobrego styku z szyną.

Oczyszczoną dokładnie papierem ściernym nową blaszkę przymocuj do szyny środkowej i przy stale włączonym prądzie szynę połóż na jej normalnym miejscu.

Tu ubywa, tam przybywa

Sporządziłeś już sobie metodą galwanotechniczną jedną anodę, a drugą przygotowujesz. Czy wiesz jednak, dzięki jakim to procesom one powstają? Dlaczego blaszka zawieszona na szynie środkowej stała się wyraźnie grubsza, a jednocześnie dlaczego z obu szyn bocznych zniknęło wiele pasemek drutu miedzianego?

Odpowiedź na to jest bardzo prosta. Właśnie dlatego blaszka stała się grubsza, że pasemka zniknęły. No, ale taka odpowiedź nadaje się dla małego dziecka, nam nic nie tłumaczy.

Otóż nie jestem pewien, czy Ty o tym wiesz, że przeprowadziłeś prawdziwy proces galwanotechniczny. W czasie tego procesu, tak jak to się dzieje w dużych zakładach, anody uległy elektrolitycznemu rozpuszczeniu, a miedź wydzieliła się na katodzie.

Dlatego właśnie poradziłem Ci anody sporządzić z cienkiego drutu miedzianego, abyś mógł łatwiej po paru godzinach zaobserwować ich rozpuszczanie. Pod wpływem prądu elektrycznego miedź z anod powoli rozpuszcza się i przechodzi do roztworu. W tym samym jednak czasie taka sama ilość miedzi z roztworu osadza się na blaszce-katodzie.

Na anodzie zachodzi rozpuszczanie miedzi, czyli ze stanu atomowego przechodzi ona w stan jonowy. Zapiszemy to w ten sposób



$$Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2\bar{e}$$

czyli każdy atom miedzi oddaje dwa ładunki ujemne, elektrony — $2\bar{e}$ i przechodzi w dwuwartościowy, dodatni kation — Cu^{2+}. Dalej pod działaniem prądu elektrycznego, przepływającego przez roztwór, kationy Cu^{2+} dążą ku katodzie. Gdy do niej dotrą, pobierają po dwa elektrony i znów jako obojętne atomy miedzi osiadają na katodzie, tworząc na niej stopniowo coraz grubszą warstewkę miedzi



$$Cu^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow Cu$$

Zupełnie więc tak samo, jak w naszym poprzednim doświadczeniu z elektrolizą chlorku cynkowego, źródło prądu spełnia rolę pompy elektronów, która odciąga je od anody i dostarcza katodzie.

Zapytasz pewnie jeszcze, po co wobec tego potrzebny był siarczan miedziowy i kwas siarkowy.

Otóż oba te związki spełniają tylko rolę pomocniczą. Są one jakby autostradą, po której szybko i sprawnie przejeżdżają jony miedzi od anody do katody.

W ten sam sposób metodą elektrolityczną możesz sobie również wykonać anody cynkowe, o czym pomówimy w rozdziale poświęconym omówieniu metod pokrywania tym metalem.



Nasz remanent wyposażenia

A teraz nim zacznę następny rozdział, przypomnę Ci jeszcze raz spis wyposażenia niezbędnego do wykonywania w warunkach domowych prac galwanotechnicznych i galwanoplastycznych:

---

1) źródło prądu stałego z opornicą do regulacji natężenia,
2) woltomierz prądu stałego,
3) amperomierz prądu stałego,
4) wanienka z trzema szynami,
5) anody z elektrolitycznie rafinowanej miedzi,
6) anody z elektrolitycznie rafinowanego cynku,
7) anody niklowe,
8) anody nierozpuszczalne węglowe i ze stali kwasoodpornej,
9) katody z blachy ołowianej,
10) zestaw odpowiednich odczynników.

O anodach niklowych porozmawiamy w rozdziale poświęconym niklowaniu. Natomiast nierozpuszczalne anody węglowe będą Ci potrzebne w procesie galwanicznego srebrzenia i one właśnie zastąpią bardzo trudne do zdobycia anody ze srebrnej blachy.

Anody węglowe możesz wykonać z prętów węglowych wymontowanych z bateryjek. Pręty te trzeba dokładnie umyć wodą, po czym wygotować przez 30 minut w 5-procentowym wodnym roztworze kwasu azotowego HNO_3.

Z kolei katody ołowiane są to po prostu dwa kawałki blachy ołowianej o dowolnej grubości (pamiętaj ołów jest tak miękki, że młotkiem można samemu kawałek tego metalu rozklepać na blachę). Katody te będą konieczne w procesie utleniania glinu; nie wątpię przecież, że na pewno chciałbyś się nauczyć sposobu pięknego polerowania i barwienia na dowolny kolor wyrobów aluminiowych.

Jeżeli natomiast chodzi o niezbędne odczynniki, to nie miałoby teraz sensu wyliczanie ich wszystkich. Podam Ci je każdorazowo przy omawianiu kolejno poszczególnych procesów.

Trochę wyjaśnień

Domyślam się, że masz jeszcze jedno ważne pytanie. Kilkakrotnie już użyłem terminów galwanotechnika i galwanoplastyka. Czy oba te słowa znaczą to samo i jaka jest właściwa ich definicja?

Oczywiście, każde z nich oznacza co innego.

G a l w a n o t e c h n i k a lub platerowanie galwaniczne jest to ogólnie pokrywanie metodą elektrolizy jednych metali drugimi. Natomiast galwanoplastyką nazywamy bardzo ładną i interesującą metodę otrzymywania w procesie galwanicznym wiernych kopii różnych przedmiotów. O ile w procesach galwanotechnicznych zależy nam na tym, aby nałożona warstewka metalu jak najsilniej trzymała się podłoża metalu, o tyle w pracach galwanoplastycznych postępujemy wręcz odwrotnie, a mianowicie tak, aby po skończonym procesie jak najłatwiej i najdokładniej oddzielić warstewkę metalu od pokrywanego modelu. Inaczej mówiąc, galwanoplastyka to proces, w którym z elektrolitycznie osadzonej powłoki na modelu powstaje nowy przedmiot.

A więc w ten sam sposób i za pomocą tych samych omówionych już urządzeń będziesz mógł wykonywać wierne odbitki medali, monet, wszelkich płaskorzeźb, a nawet odbitki liści, owadów, owoców i tym podobnych drobiazgów.

Sprawy nudne, ale ważne

Cały ten obszerny rozdział nosi tytuł „O tym, co musisz mieć koniecznie". W jego zakończeniu przypomnę więc o sprawie na pozór bardzo błahej i nudnej, lecz koniecznej: w Twoim laboratorium niezbędny jest wielki porządek.

Trudno. Możesz się nie wiem jak krzywić, ale zapowiadam Ci, żadnego bałaganu, żadnych brudów. Każdy przedmiot musi mieć określone miejsce i przeznaczenie. Pamiętaj, książka służy do czytania, a jej miejsce jest na półce. Nie wykorzystuj więc jej jako podstawki pod cieknącą wanienkę. Podobnie do mieszania cieczy używaj pręcika szklanego, a nie ołówka czy długopisu.

Najmniejszą kropelkę cieczy ścieraj od razu wilgotną szmatką, a po zakończonej pracy ciecze zlej do odpowiednich butelek, a anody opłucz i wysusz.

Nie muszę też chyba przypominać, że w laboratorium nie ma prawa przebywać żaden słoiczek, żadna puszka czy butelka z niewiadomą zawartością. Na każdym naczyniu lub opakowaniu musi być trwale przymocowana etykieta z nazwą lub wzorem chemicznym danej substancji.

Pamiętaj, że takie żrące i parzące odczynniki, jak kwas siarkowy H_2SO_4, kwas solny HCl, kwas azotowy HNO_3, wodorotlenek sodu $NaOH$ lub potasu KOH muszą być tak przechowy-



wane (najlepiej zamykane w szafce), ażeby do nich nie miały dostępu osoby niepowołane, a zwłaszcza Twoje młodsze rodzeństwo.

Dalej, pod żadnym pozorem nie wolno Ci przechowywać i magazynować większych ilości substancji łatwopalnych. Mam na myśli zarówno rozpuszczalniki, takie jak benzyna, aceton, toluen, terpentyna, ksylen, jak też i ciała stałe, np. celuloid, sód, siarka.



O BARDZO WAŻNYCH PRZYGOTOWANIACH

Spiesz się powoli

Wszystko już zapewne masz gotowe i pragniesz jak najszybciej przystąpić do pracy, do miedziowania, niklowania czy pokrywania jeszcze innym metalem. Doskonale to rozumiem, ale ponieważ jestem od Ciebie trochę starszy i bardziej doświadczony, powiem Ci, że dobremu chemikowi nie wolno się spieszyć.

Sam niejednokrotnie i to dosłownie na własnej skórze — na rękach lub na twarzy — przekonałem się o tym. Czasem z pośpiechu stłukłem zlewkę z preparatem, który kosztował mnie wiele dni pracy. Kiedy indziej zbyt szybko nalewany do probówki kwas oblał mi ręce. Pośpiech sprawiał, że podczas wykonywania analiz nie przeczytało się uprzednio dokładnie przepisu, jedna fałszywa czy nie w tej kolejności wykonana czynność i koniec, trzeba było wszystko zaczynać od początku.

Ty wiesz troszkę o procesach galwanicznych, niektóre nawet już sam próbowałeś przeprowadzać, masz zgromadzony sprzęt pomocniczy i niezbędne wyposażenie oraz wiele zapału, ale to jest jeszcze troszeczkę za mało.

Powiedzmy, że chcesz pomiedziować czy poniklować sprzączki od plecaka lub jakieś małe okucia. Wkładasz je do odpowiedniej kąpieli, trzymasz tak długo, jak podano w przepisie, napięcie jest odpowiednie, natężenie właściwe, a pomimo to w rezultacie spotyka Cię jeden wielki zawód. Oto zamiast pięknie błyszczącej powierzchni, przedmiot Twój będzie miał szary, brzydki kolor, będzie porysowany, cały w plamach, a na dobitkę złego warstewka miedzi czy niklu będzie z niego złazić jak przysłowiowa skóra z węża.

Taki wynik może zniechęcić Cię do pracy, do książki i do galwanotechniki w ogóle.

A wszystko przez pośpiech, bo zapomniałeś o tym, że **przedmiot przeznaczony do galwanicznego pokrywania musi być odpowiednio przygotowany**. Na czym polega to odpowiednie przygotowanie?

Czystość, jeszcze raz czystość!

Krótko mówiąc czystość polega na jak najdokładniejszym oczyszczeniu przedmiotu. A musisz wiedzieć, że to, co Tobie na oko wydaje się zupełnie czyste, w rzeczywistości dla potrzeb galwanicznych jest zupełnie, ale to zupełnie brudne.

Po pierwsze każdy przedmiot, czy to żelazny, mosiężny, miedziany, czy cynkowy, przebywając nawet krótko na powietrzu, pokrywa się warstewką tlenku. Warstewka ta jest wrogiem nr 1 dla metali nakładanych galwanicznie. Następnie prawie każdy przedmiot jest zawsze mniej lub więcej zatłuszczony. Wystarczy wziąć go do ręki i już ze skóry dłoni przejdzie na jego powierzchnię odrobina tłuszczu, który również bardzo przeszkadza osadzaniu się metali. Tłuszcz to wróg nr 2.

Wreszcie sprawa połysku. Zapamiętaj, że miedziowanie, niklowanie lub jakikolwiek inny sposób galwanicznego nakładania metalu nie wygładza rys i chropowatości powierzchni pokrywanego przedmiotu. Jeśli więc sprzączka, kółeczko czy karabińczyk są chropowate i porysowane, to po pokryciu ich

miedzią lub niklem ślady te nie tylko nie znikną, ale często staną się jeszcze bardziej widoczne.

Warstewka metalu nakładanego galwanicznie tworzy bowiem jakby bardzo wierną odbitkę powierzchni, na którą jest nakładana. Jeśli więc chcesz, aby Twój karabińczyk po poniklowaniu był gładki i błyszczący, musisz go dokładnie oczyścić i wypolerować przed zawieszeniem w wanience.

Przygotowanie przedmiotu będzie wyglądać następująco: **szlifowanie, polerowanie, odtłuszczanie, trawienie, płukanie.**

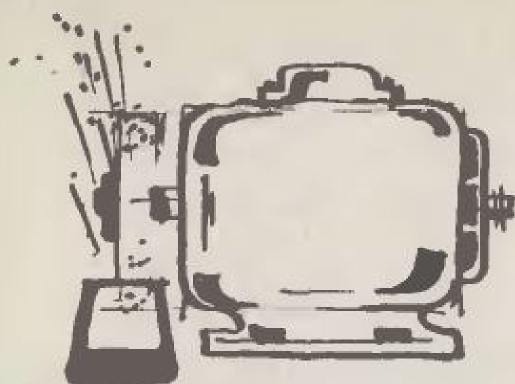
Radzę Ci więc bliżej zapoznać się z tymi czynnościami, które zaraz dokładniej Ci objaśnię.

Szlifowanie i polerowanie

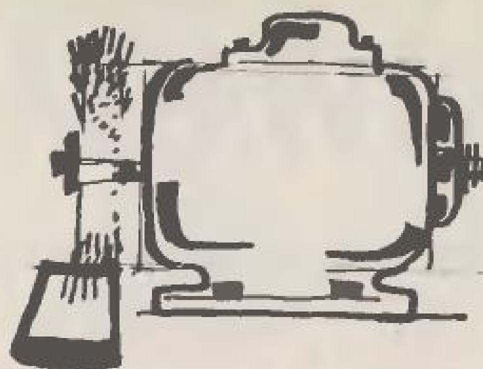
W dużych zakładach przemysłowych szlifowanie i polerowanie przeprowadza się za pomocą specjalnych maszyn. Są to silniki elektryczne z osią wystającą po obu stronach poza korpus. Na końcach osi w zależności od potrzeby zakłada się szlifierskie tarcze karborundowe, drewniane tarcze oklejane papierem ściernym, tarcze filcowe lub flanelowe.

Za pomocą tarcz karborundowych oraz drewnianych, oklejanych papierem ściernym, z przedmiotów przeznaczonych do galwanicznego pokrywania zdziera się rdzę, nierówności, ślady noża tokarskiego itp. Początkowo stosuje się materiał ścierny o ziarnie grubym, a następnie coraz drobniejszym. Dzięki temu unika się pozostawienia głębokich rys na powierzchni przedmiotu. Z kolei za pomocą tarcz filcowych, smarowanych odpowiednią pastą, przedmioty zostają wypolerowane do połysku.

Podobnie musisz postąpić i Ty.



1 SZLIFOWANIE



2 POLEROWANIE

Oczywiście nie trzeba do tego celu specjalnych tarcz. Najzupełniej wystarczy, jeśli przedmiot oczyścisz papierem ściernym. Aby pracę przyspieszyć, użyj początkowo gruboziarnistego papieru ściernego, a następnie dopiero powierzchnię wygładź papierem drobnoziarnistym, tak aby usunąć wszystkie głębsze rysy. Powierzchnia dobrze wyszlifowanego przedmiotu może być jedynie matowa.

Teraz kolej na polerowanie. Jeśli możesz, to na wałku silniczka elektrycznego osadź okrągłą tarczę filcową. Gdy jest to niewykonalne, postaraj się o kawałek filcu i polerowanie przeprowadź ręcznie.

Do polerowania będzie Ci jeszcze potrzebna odpowiednia pasta. Można ją nabyć w handlu pod nazwami: pasta polerownicza czerwona lub zielona. Jest to rodzaj jakby mydełek, którymi naciera się filc używany do polerowania.

Pastę polerowniczą możesz również wykonać sam. W sklepie z farbami kup 30 g różu polerowniczego (jest to dokładnie zmielony czerwony tlenek żelaza) oraz 25 g kredy szlamowanej (zamiast niej możesz dokładnie zetrzeć kawałki kredy do tablicy). Oba te proszki zmieszaj razem i wsyp do ciepłej, stopionej mieszaniny o składzie:

stearyna	30 g,
łój	5 g,
nafta	10 ml.

Mieszaninę tę stop w blaszanej puszce wstawionej do naczynia z gorącą wodą (nie bezpośrednio na ogniu).

Całość dokładnie wymieszaj i wlej do pudełeczka po paście od butów. Po stwardnieniu otrzymasz doskonałą pastę polerowniczą.

Odrobinę tej pasty nakłada się na filc i następnie tym filcem pociera się polerowaną powierzchnię. Uprzedzam Cię jednak z góry, że ręczne polerowanie żelaza lub stali jest to zajęcie bardzo pracochłonne, długotrwałe i po prostu mówiąc — nudne. Za to mosiądz, miedź lub cynk dają się polerować znacznie szybciej, więc aż przyjemność patrzeć, jak zaczynają się coraz bardziej błyszczeć.

Oczywiście nie ma sensu szlifować, a następnie dopiero mozolnie polerować przedmioty, które i tak są gładkie, nie porysowane, a jedynie ściemniałe. W takim przypadku wystarczy tylko samo polerowanie.

Odtłuszczanie

W technice proces ten przeprowadza się bardzo szybko i dogodnie za pomocą odpowiedniego elektrolitu. Jest to tzw. odtłuszczanie elektrolityczne. Niestety nie możesz go sporządzić, bo w skład elektrolitu wchodzą trudne do nabycia związki.

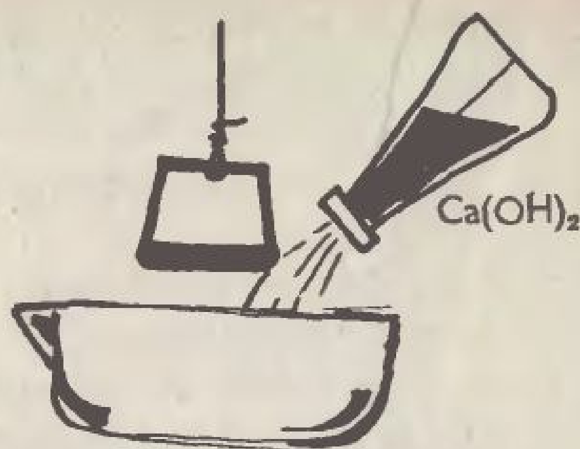
Dlatego też musisz poprzestać na bardziej pracochłonnych, ale niemniej skutecznych metodach odtłuszczania, mianowicie za pomocą acetonu i wapna gaszonego.

Najlepiej będzie, jeśli odtłuszczanie wstępne przeprowadzisz za pomocą tamponu waty obficie zwilżonego acetonem.

Odtłuszczanie właściwe najdogodniej będzie Ci przeprowadzić wodorotlenkiem wapniowym, czyli wapnem gaszonym $Ca(OH)_2$. Pamiętaj jednak, aby używać do tego celu wapno świeżo gaszone. Odtłuszczany przedmiot naciera się bardzo dokładnie ciastowatym wapnem gaszonym i następnie bardzo starannie płucze pod bieżącą wodą. Przy pracy z wapnem gaszonym musisz **koniecznie** włożyć **gumowe rękawiczki.**

Dobre odtłuszczenie powierzchni poznasz po tym, że woda całkowicie zwilży dany przedmiot. W przeciwnym razie, gdy przedmiot jest jeszcze tłusty, woda zbiera się na jego powierzchni w postaci mniejszych lub większych kropelek.





3 ODTŁUSZCZANIE WSTĘPNE

4 ODTŁUSZCZANIE WŁASCIWE

Pamiętaj również, aby odtłuszczonych przedmiotów nie dotykać bezpośrednio rękami, gdyż zmarnujesz niemal całą swą pracę. Przedmiot najlepiej jest zawiesić na mocno zakręconym drucie miedzianym lub mosiężnym i tylko za ten drut trzymać podczas i po odtłuszczeniu.

Trawienie

Teraz już tylko pozostaje usunąć z odtłuszczonych przedmiotów cieniutką i gołym okiem niewidoczną warstewkę tlenków, czyli dokonać trawienia i nareszcie można będzie przystąpić do ich pokrywania.

Trawienie żelaza lub stali przeprowadzisz w wodnym roztworze kwasu siarkowego. Oto przykład:

woda	85 ml,
kwas siarkowy stężony H_2SO_4	8,4 ml,
rozpuszczony w wodzie klej stolarski	0,5 g.

Sporządzając ten roztwór pamiętaj, aby **kwas dolewać do wody, a nigdy odwrotnie.**

Odtłuszczony i wypłukany w wodzie przedmiot zanurz na 2—3 minuty w roztworze o podanym składzie, ogrzanym do temperatury 40—50°C. I znowu uwaga, bo **pracujesz z roztworem bardzo silnie żrącego kwasu siarkowego.**

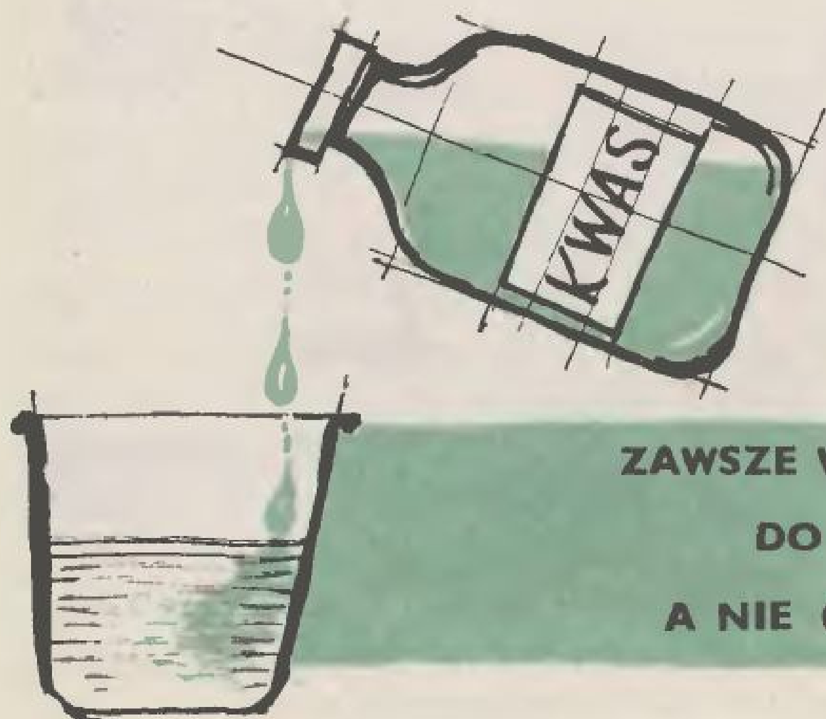
Natomiast do trawienia miedzi i jej stopów, a więc mosiądzu i brązu, radzę Ci przygotować roztwór o składzie:

kwas siarkowy stężony H_2SO_4	55 ml,
kwas azotowy stężony HNO_3	54 ml,
chlorek sodowy (sól kamienna) NaCl	15 g.

Trawienie odbywa się w temperaturze 18—20°C.
Teraz musisz zachować jeszcze większą ostrożność, bo **operujesz dwoma stężonymi i bardzo żrącymi kwasami.**

Kąpiel o podanym składzie nie tylko usuwa tlenki, ale ponadto wybłyszcza i rozjaśnia trawiony przedmiot. Kąpiel w roztworze trawiącym musi trwać bardzo krótko, dosłownie 4—6 sekund, gdyż w przeciwnym razie powierzchnia silnie zmatowieje.

A więc zapamiętaj, że jeśli nawet przedmioty z miedzi i jej stopów nie zostały uprzednio zbyt dokładnie wypolerowane, to krótka kąpiel trawiąca wybitnie poprawi ich połysk. Jeśli jednak mnie nie usłuchasz i zechcesz jeszcze polepszyć połysk, trzymając przedmiot zbyt długo w kąpieli, spotka Cię zasłużona kara. Nie tylko nie poprawisz połysku, lecz nawet całkowicie zmarnujesz efekt, jaki uzyskałeś poprzednio przez



ZAWSZE WLEWAJ KWAS DO WODY A NIE ODWROTNIE

polerowanie. Po prostu powierzchnia uprzednio chociażby lekko błyszcząca, stanie się teraz zupełnie matowa, a nawet chropowata.

A więc trawienie musi trwać bardzo krótko.

Na zakończenie podam Ci jeszcze skład kąpieli do trawienia cynku:

woda	97 ml,
kwas siarkowy stężony H_2SO_4	3 ml.

Czas trwania kąpieli — kilkanaście sekund.

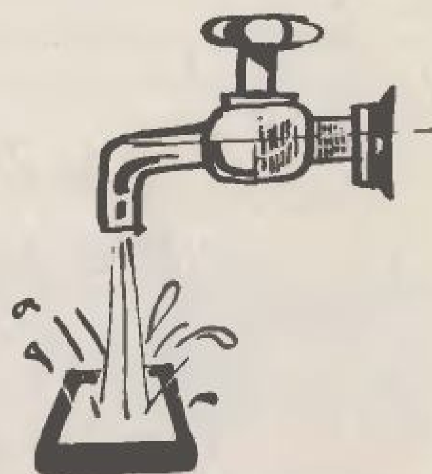
Temperatura — otoczenia.

Każdy przedmiot, niezależnie od rodzaju metalu, z jakiego jest wykonany, po trawieniu opłukuje się bardzo dokładnie wodą (najlepiej bieżącą) i natychmiast zawiesza w wannie w odpowiedniej kąpieli.

Przedmiotów trawionych nie wolno przechowywać, gdyż powierzchnia ich ponownie pokryje się warstewką tlenków.



5 TRAWIENIE



6 PŁUKANIE



O MIEDZIOWANIU Z PRĄDEM I BEZ PRĄDU

Szansa dla słabszych

Wbrew kolejności podanej w samym tytule rozdziału zacznę właśnie od miedziowania bez prądu. Dziwisz się pewnie, dlaczego? Przypomnę Ci więc zasadę, że słabszemu trzeba dać równe szanse.

Wiem dobrze, że Ty jesteś zaradny i już udało Ci się skompletować to wszystko, co jest potrzebne do prac galwanotechnicznych. Ale po prostu Twój kolega miał mniej od Ciebie szczęścia, może ojciec mu mniej pomógł, a może zabrakło mu kilkudziesięciu złotówek na kupno czegoś tam, dosyć że nie zdołał jeszcze zgromadzić odpowiedniego wyposażenia.

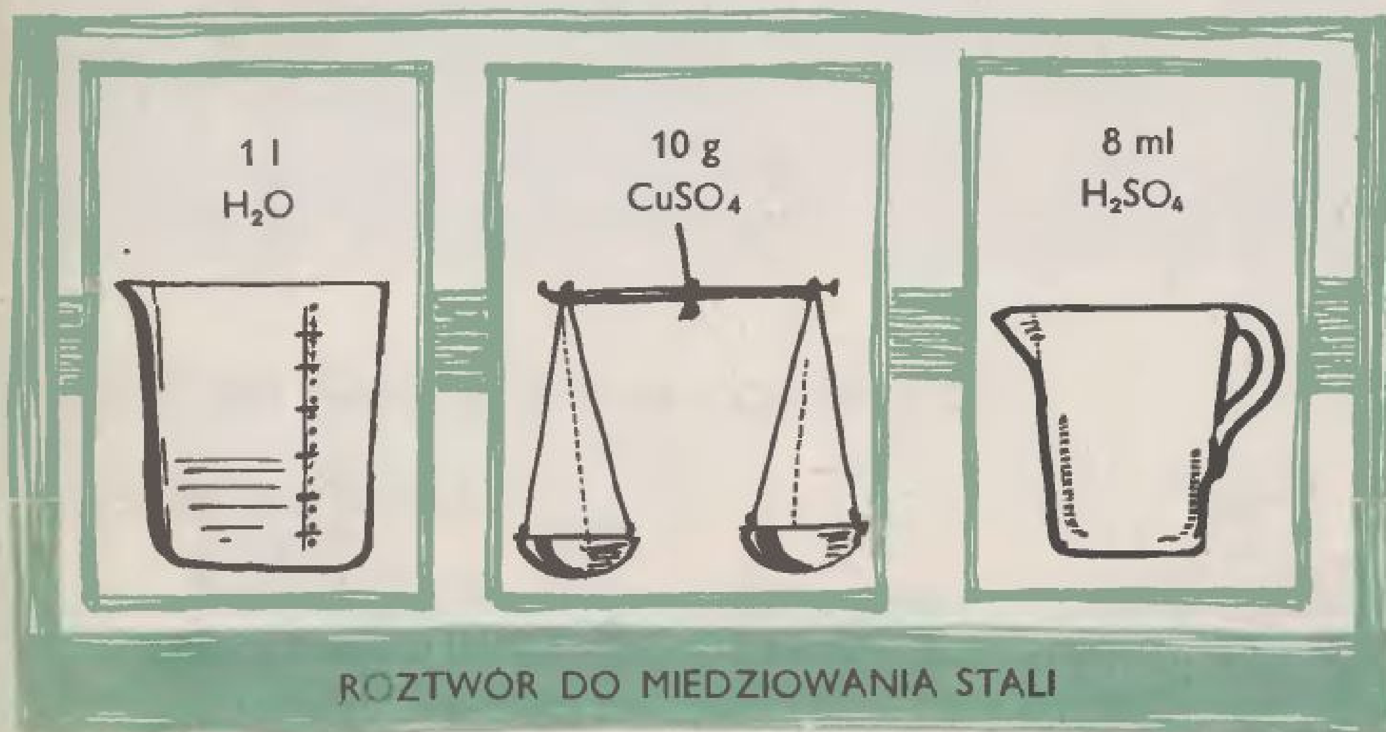
Jemu również chciałbym pomóc.

Dlatego właśnie zacznę od miedziowania bez prądu, gdyż poza paru prostymi odczynnikami, nie wymaga ono właściwie żadnych przyrządów i urządzeń.

Jak przy każdym rodzaju pokrywania jednego metalu drugim, tak też przy miedziowaniu bez prądu obowiązują te same czynności przygotowawcze. A więc przedmiot, który ma być pomiedziowany, trzeba oczyścić z rdzy i brudu, wyszlifować, wypolerować, odtłuścić i wytrawić.

W takim roztworze miedziujesz

Skład roztworu do miedziowania żelaza i stali jest następujący: w 1 litrze wody destylowanej lub w ostateczności świeżej deszczówki trzeba rozpuścić 10 g siarczanu miedziowego. Siarczan miedziowy, o wzorze $CuSO_4$, jest to krystaliczna sól o barwie niebieskiej, zwana w potocznym języku sinym kamieniem



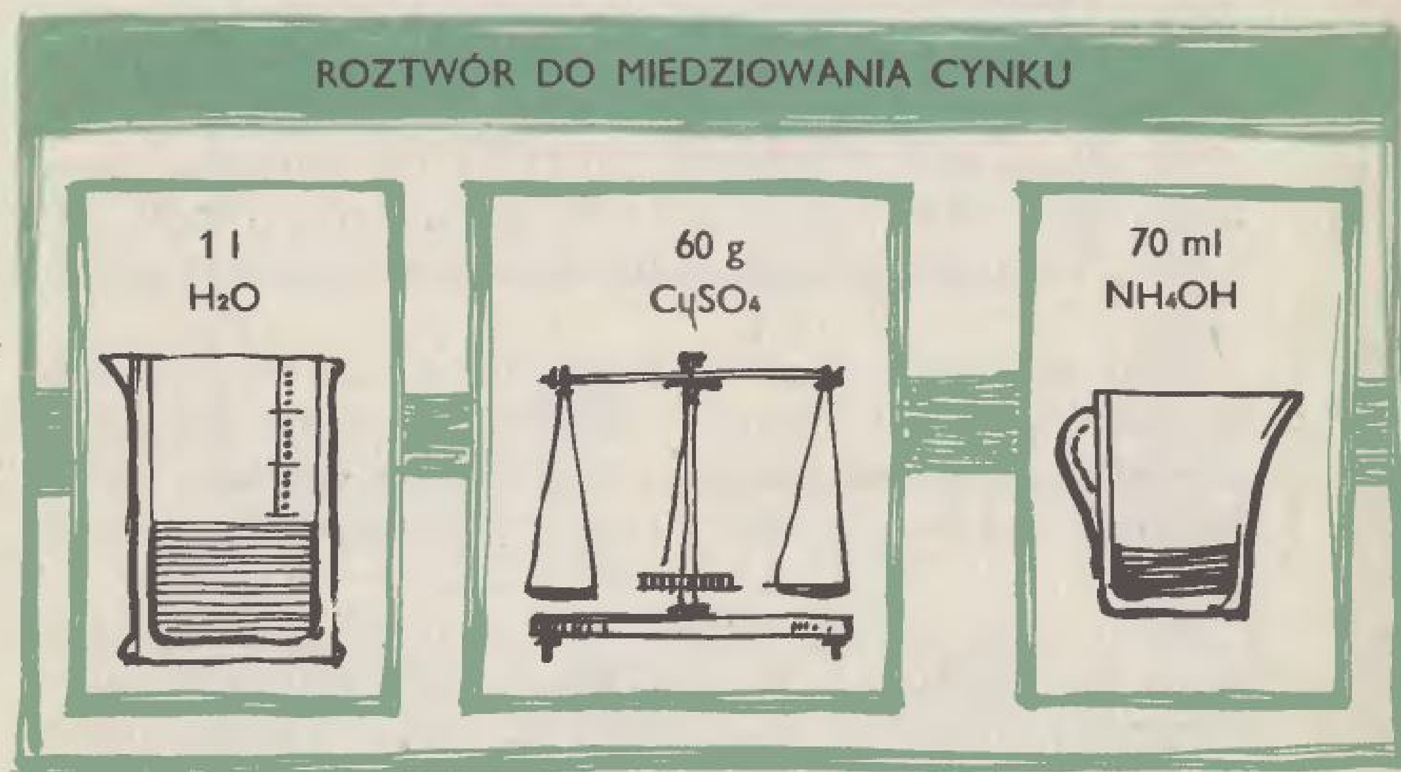
lub koperwasem. Następnie, wtedy gdy siarczan miedziowy już się rozpuści, do roztworu tego dolej 8 ml stężonego kwasu siarkowego. Teraz roztwór do miedziowania jest gotowy.

Samo miedziowanie odbywa się w ten sposób, że przedmioty małe zanurzasz w przygotowanym roztworze na parę sekund, natomiast większe zwilżasz dokładnie tym roztworem za pomocą czystego gałganka. Następnie przedmioty szybko płuczesz wodą i suszysz w trocinach, pocierając nimi przedmiot.

Powłokę dla nadania jej połysku szczotkuje się po wyschnięciu miękką szczotką, lekko potartą parafiną lub woskiem. Je-

żeli chcesz pomiedziować bezpośrednio przedmioty cynkowe, to musisz wykonać to w nieco innym roztworze. W 1 litrze wody rozpuszczasz 60 g siarczanu miedziowego i dodajesz 70 ml 10-procentowego wodorotlenku amonu, zwanego popularnie amoniakiem. Dalsze postępowanie przy miedziowaniu jest już zupełnie takie samo, jak przy miedziowaniu stali.

Musisz jednak pamiętać, że przez takie bezprądowe miedziowanie, niezależnie od tego czy to będzie żelazo czy cynk, uzyskuje się jedynie bardzo cienkie powłoki. Powłoki takie, właśnie ze względu na swą małą grubość, nie mogą być szczelne a tym samym nie mogą skutecznie chronić pokrywanego przedmiotu przed korozją.



Najdłuższe nawet przetrzymywanie przedmiotów w płynie miedziującym, na grubość powłoki nie ma wpływu. Tą bezprądową metodą grubych i szczelnych powłok otrzymać się nie da. Dlatego też miedziowanie bezprądowe jest stosowane nie do ochrony przed korozją, lecz głównie dla celów dekoracyjnych z tym, że tak pokryte miedzią przedmioty zabezpiecza się następnie bezbarwnym lakierem caponowym. O tym lakierze pomówimy jednak dopiero pod koniec książki.

Wreszcie miedziowanie z prądem

Solidne, grube miedziowanie z prądem musisz zacząć od sporządzenia odpowiedniej kąpieli. Zapytasz pewnie ile jej zrobić?

Dokładnie tyle, aby po wlaniu do Twojej wanienki poziom cieczy znajdował się 3—4 cm poniżej górnej krawędzi wanienki. Aby się przekonać, jaka jest pojemność Twojej wanienki, najlepiej nalej do niej wody i potem zmierz objętość tego płynu.

Teraz podaję Ci skład roztworu na 1 litr wody, a Ty, w zależności od pojemności Twojej wanienki, przeliczysz ilość składników na 1,25 l, 1,5 l, czy też 1,75 l.

W 1 litrze świeżo przegotowanej i gorącej jeszcze wody rozpuść 200 g krystalicznego siarczanu miedziowego $CuSO_4 \cdot 5H_2O$. Po całkowitym rozpuszczeniu się kryształów, roztwór przefiltruj przez sączek z bibuły.

Do przesączonego roztworu dodaj 25 ml stężonego kwasu siarkowego, całość wymieszaj i wlej do wanienki. Uważaj, jeśli wanienka jest szklana, **nie wolno** do niej **wlewać zbyt gorącej kąpieli.**

Teraz zajmij się anodami. Przygotuj w małej parowniczce 8-procentowy kwas azotowy i umieść w nim na kilkanaście sekund każdą z anod miedzianych. Następnie opłucz je bardzo dokładnie pod bieżącą wodą i zawieś na bocznych szynach wanienki.

Boczne szyny są już połączone z dodatnim biegunem źródła prądu stałego, pusta zaś jeszcze chwilowo szyna środkowa — z biegunem ujemnym. Włącz prąd i na szynie środkowej zawieś przedmiot przeznaczony do miedziowania.

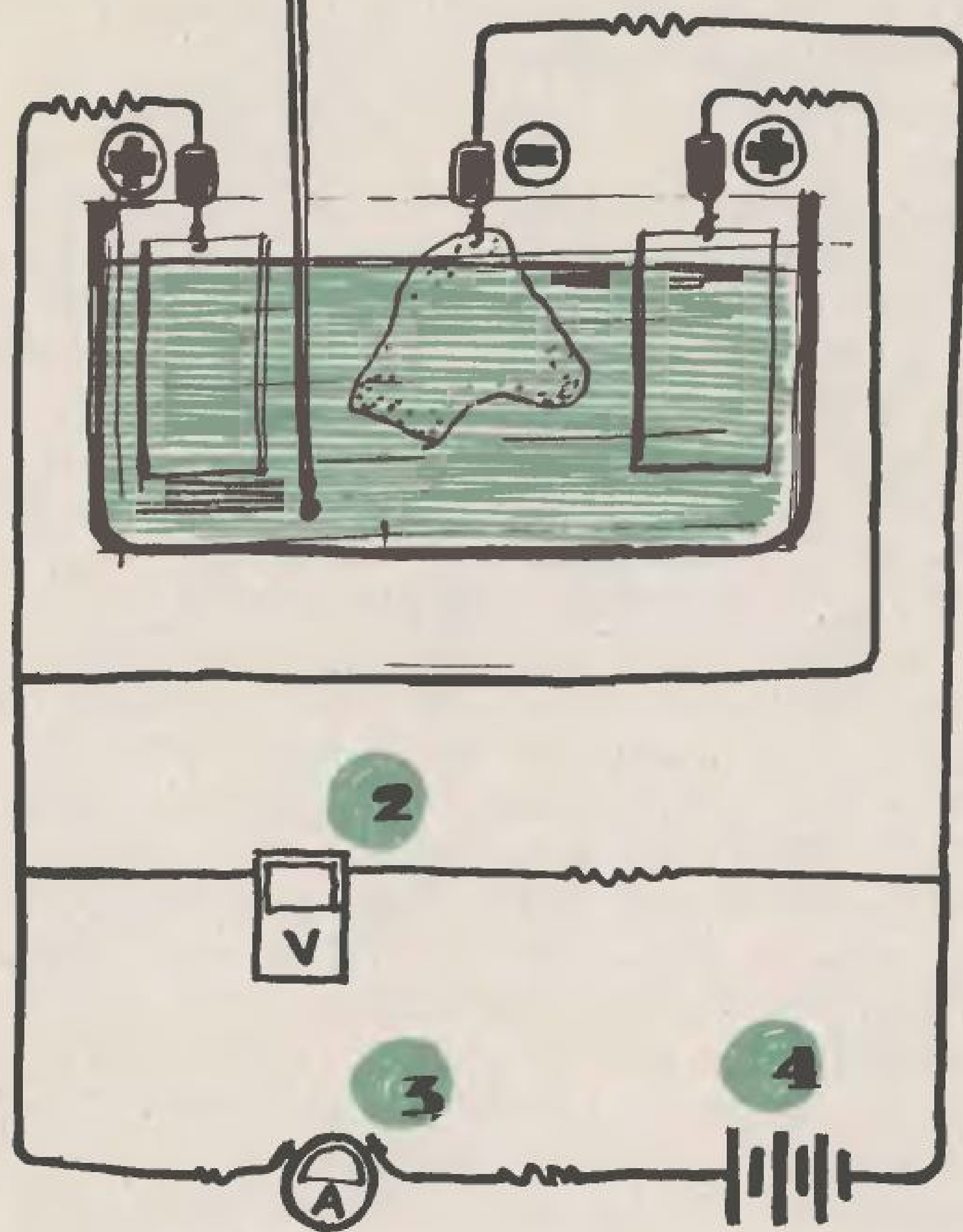
Zapomniałem Ci przypomnieć, że — jeszcze przed odtłuszczeniem — trzeba obliczyć w przybliżeniu całkowitą powierzchnię pokrywanego przedmiotu.

Jak Ci już mówiłem, przedmiot tuż przed zawieszeniem na szynie w kąpieli, był wytrawiony i dokładnie wypłukany. Teraz musisz tylko uważać, aby Twój przedmiot **zawieszać i zdejmować z szyny** po pokryciu **zawsze przy włączonym prądzie.**

Zaraz po zawieszeniu uregulu prąd przepływający przez wannę. Jego napięcie powinno wynosić 2—3 V.

1

MIEDZIOWANIE



1 TEMPERATURA 20°C

2 NAPIĘCIE PRĄDU 2—3 V

3 GĘSTOŚĆ PRĄDU 1—2 A/dm²

4 ŹRÓDŁO PRĄDU STAŁEGO

Natomiast gęstość prądu powinna wynosić 1—2 A/dm^2.

Aha, dziwi Cię ten nowy termin.

Otóż muszę Ci w tym miejscu wyjaśnić, że w galwanotechnice na co dzień używamy pojęcia „gęstość prądu". Jest to po prostu ilość amperów przypadająca na 1 dm^2 pokrywanej powierzchni. Natomiast napięcie jest wielkością wypadkową i w naszym przypadku wynosić może 1—2 V.

Temperatura kąpieli powinna wynosić 18—20°C.

Przy miedziowaniu w tym roztworze trzeba uważać, aby temperatura kąpieli nie spadła poniżej 20°C. Z kolei natężenie prądu powinno wynosić 1—2 A na 1 decymetr kwadratowy powierzchni pokrywanego przedmiotu. Zapisujemy to krótko 1—2 A/dm^2. Jest to tzw. gęstość prądu. Rozumiesz już teraz, po co było potrzebne obliczanie powierzchni przedmiotu?

Natężenie prądu regulujemy za pomocą opornicy. W podanych warunkach po 1 godzinie na przedmiocie wytworzy się warstewka grubości około 30 um (czyli 0,03 mm), a po 10 godzinach grubość warstewki wyniesie 300 um.

Aby proces miedziowania przebiegał prawidłowo, poza temperaturą, napięciem i natężeniem prądu, jest ważny dobry styk szyn z anodami i wiszącym przedmiotem. Oczywiście może to być nie tylko jeden przedmiot. Równocześnie można miedziować kilka kółek, okuć, sprzączek lub karabińczyków, byle tylko ich sumaryczna powierzchnia była mniejsza od powierzchni anod. Ponadto dobrze jest od czasu do czasu, powiedzmy co 15 minut, zamieszać kąpiel w wanience.

Może Ci się zdawać, że wszystko na pozór jest w porządku, a jednak otrzymana powłoka będzie brzydka i złej jakości. Oto zamiast prawidłowego, jasnoczerwonego i drobnokrystalicznego osadu miedzi, wytworzona na przedmiocie powłoka jest grubokrystaliczna, usiana ciemnymi, brunatnymi narostami, zwłaszcza na brzegach i rogach. Objawy takie świadczą o tym, że przez kąpiel przepływa prąd elektryczny o zbyt dużym natężeniu. W takim przypadku musisz zmniejszyć natężenie prądu, a jakość powłoki od razu się polepszy.

Dlatego co 20—30 minut, nie wyłączając oczywiście prądu, trzeba podnosić środkową szynę razem z zawieszonymi na niej przedmiotami, aby skontrolować wygląd powstającej na nich powłoki.

Po paru godzinach pracy na anodach miedzianych wytwarza się zawsze pewna ilość szlamu. Szlam ten po skończonej pracy trzeba z anod usunąć za pomocą szczotki pod strumieniem bieżącej wody.

A teraz jeszcze parę słów o czasie miedziowania. Wiesz już, że po godzinie z Twojego roztworu na przedmiocie osadza się 30 μm (czyli 0,03 mm) powłoka miedzi. Jeżeli przedmiot ten chcesz następnie niklować czy srebrzyć, to tej grubości podkład miedzi jest najzupełniej wystarczający.

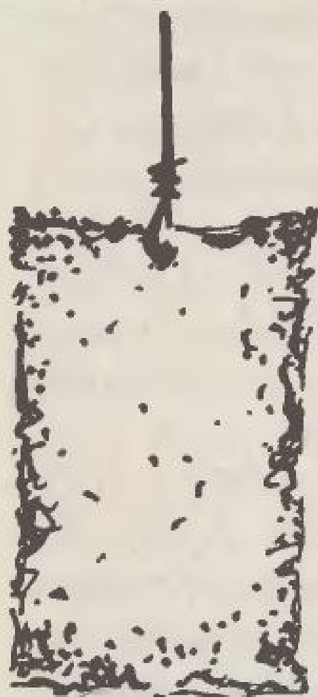
W tym miejscu muszę ci podać ważne wyjaśnienie. W Twojej kąpieli możesz miedziować przedmioty grafitowane, srebrne, niklowe, mosiężne lub z brązu. Natomiast stali w tej kąpieli bezpośrednio miedziować nie można.

Jest jednak na to bardzo prosta rada. Oto przedmioty stalowe, oczywiście odpowiednio już przygotowane, bardzo cienko się nikluje. Zupełnie wystarczy 10—15 minutowe niklowanie. Dopiero na taki podkład niklowy można z Twojej kąpieli nakładać dowolnej grubości powłoki miedziane. A więc pamiętaj: stali nie miedziuj nigdy bezpośrednio, z kąpieli kwaśnej, bo nic z tego nie wyjdzie. Tak nałożona powłoka nie ma dobrej przyczepności do podłoża stalowego. Jeśli więc chcesz jakiś przedmiot stalowy np. posrebrzyć czy poniklować (srebrzyć można tylko miedź i jej stopy), to trzeba go najpierw cieniutko poniklować, grubo pomiedziować, starannie wypolerować i dopiero wówczas posrebrzyć czy poniklować.

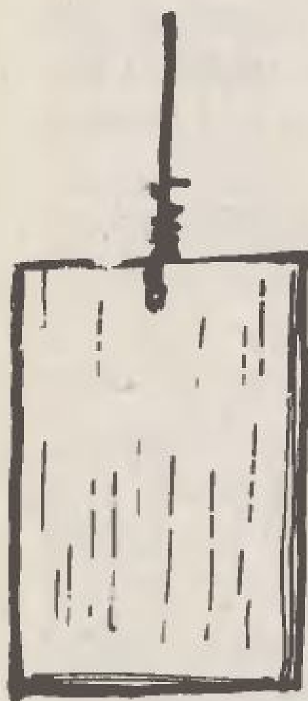
Ponieważ na temat miedziowania stali otrzymałem wiele listów, z których niedwuznacznie wynikało, że nie bardzo zrozumieliśmy się, powtarzam raz jeszcze.

Dobrą przyczepność do stali wykazują powłoki miedzi nałożone t y l k o z kąpieli cyjankowych i z takich to właśnie kąpieli w przemyśle w zakładach galwanotechnicznych jest nakładany pierwszy tzw. podkład miedzi. Po uzyskaniu w kąpieli cyjankowej powłoki o grubości około 1 μm dalsze pogrubianie powłoki miedzi prowadzi się w kąpieli kwaśnej, czyli właśnie takiej, jak Twoja. Kąpiele kwaśne są o wiele trwalsze i sprawniejsze, to znaczy że można pracować większą gęstością prądu, a tym samym szybciej nakładać grube powłoki.

TAK WYGLĄDA POWŁOKA, GDY NATĘŻENIE PRĄDU JEST:



ZA DUŻE



WŁAŚCIWE

Ponieważ nie ma nawet mowy, abyś sporządził kąpiel cyjankową, musisz na stal nałożyć ok. 1 μm niklu. Na tak utworzony podkład będziesz już śmiało nakładać dowolnej grubości powłoki miedzi z kąpieli kwaśnej.

Jeżeli natomiast przedmiotu żelaznego po miedziowaniu nie chcesz niklować, czy też srebrzyć, wówczas powłoka miedzi musi być co najmniej dwukrotnie grubsza, czyli przedmiot powinieneś trzymać w kąpieli 2—2,5 godzin.

Przedmiot, który nie będzie dalej pokrywany galwanicznie, po skończonym miedziowaniu bardzo dokładnie opłucz pod bieżącą wodą. Z tym dokładnym płukaniem to wcale nie przesada. Jeśli bowiem w porach nałożonej powłoki pozostaną resztki kąpieli zawierającej przecież kwas siarkowy, wówczas po paru dniach powłoka ściemnieje i pokryje się plamami.

Po takim naprawdę dokładnym wypłukaniu pomiedziowane przedmioty wysusz w trocinach i natrzyj lekko oliwą. Pamiętaj, że to ostatnie, to znaczy natłuszczenie, dotyczy tylko przedmiotów nie przeznaczonych do dalszego pokrywania.

Za to przedmioty, które chcesz następnie posrebrzyć czy poniklować, po wyjęciu z kąpieli miedziującej i opłukaniu wodą można od razu pokrywać dalej.

Jak sam zapewne zdążyłeś się przekonać, polerowanie stali to czynność naprawdę bardzo pracochłonna. Nic dziwnego, gdyż stal jest twarda. Z drugiej jednak strony niklowanie i srebrzenie tylko wówczas da właściwy efekt, jeśli powierzchnia przedmiotu była uprzednio starannie wypolerowana.

Na niklu bowiem i srebrze bardzo wyraźnie znać wszelkie nierówności i rysy. Trudnego i pracochłonnego polerowania stali możesz uniknąć, grubo miedziując dany przedmiot.

Oczywiście miedź nie wyrówna rys i maleńkich wgłębień, ale za to miedź jako miękka daje się o wiele łatwiej i szybciej polerować niż stal. Po prostu przedmiot grubo pomiedziowany przez 2—3 godziny, dopiero po wypłukaniu i wysuszeniu ostatecznie wypoleruj. Efekt będzie doskonały i szybki.

Po skończonym miedziowaniu wyjmij anody, opłucz je, oczyść szczotką. Podobnie umyj i wysusz wszystkie szyny.

Jeśli w przeciągu najbliższych 2—3 dni nie będziesz nic miedziował, to kąpiel z wanienki ostrożnie, przez duży lejek przelej do butelki z korkiem docieranym, po czym wanienkę wypłucz wodą.

Natomiast wanienkę pozostawioną po pracy z elektrolitem trzeba zawsze szczelnie nakryć pokrywką. Wiesz dlaczego? Ażeby nie wyparowywała woda i tym samym nie zmieniał się skład kąpieli, a także żeby na lustrze kąpieli nie osiadał kurz.



O NIKLOWANIU Z PRĄDEM I BEZ PRĄDU

Za pomocą aluminium

Muszę Cię z góry uprzedzić, że pokrywanie niklem jest czynnością znacznie trudniejszą. Można je przeprowadzić przy użyciu prądu lub metodą bezprądową. Zacznę od tej ostatniej, gdyż jest ona łatwiejsza i nie wymaga tyle trudu, jeśli chodzi o zdobycie bądź wykonanie anod niklowych.

Niklować bezpośrednio możesz bez prądu miedź i jej stopy, natomiast stal należy uprzednio pomiedziować.

Przed niklowaniem przedmioty miedziane, mosiężne i brązowe muszą być wypolerowane, odtłuszczone i wytrawione. Natomiast przedmioty stalowe pomiedziowane, oczywiście jeżeli nie wymagają polerowania, możesz od razu poddać niklowaniu.

Kąpiel do bezprądowego niklowania sporządzaj w następujący sposób. W 1 litrze gorącej destylowanej wody rozpuścić



300 g siarczanu niklawo-amonowego $Ni(NH_4)_2(SO_4)_2$ oraz 600 g chlorku amonu NH_4Cl. Następnie do tego roztworu dodawaj powoli, kroplami i stale mieszając wodorotlenek amonowy, tak długo, aż papierek lakmusowy przestanie barwić się na kolor czerwony. Wówczas wrzuć parę kryształów kwasu cytrynowego i roztwór jest już gotowy.

Przedmioty świeżo wyjęte i tylko opłukane po kąpieli miedziującej lub inne miedziane, ale oczywiście odpowiednio odtłuszczone, połącz kawałkami drutów z blachą aluminiową (np. kawałkiem starego garnka) i razem z nim zanurzaj na 1—2 minuty w roztworze niklującym, podgrzanym do wrzenia. W czasie zanurzenia przedmioty należy często poruszać.

Oczywiście w tym przypadku ze względu na konieczność ogrzewania, niklowanie musisz przeprowadzić nie w swojej wanience, lecz w emaliowanym garnku.

Po wyjęciu z bezprądowej kąpieli niklującej przedmioty opłucz wodą, wysusz w trocinach i aby nadać powłoce niklu wysoki połysk, przetrzyj je suchą szmatką posypaną miałką kredą. Sposób nieskomplikowany, prosty, prawda? Nie zapo-

minaj tylko, że powłoka niklu nałożona metodą bezprądową, podobnie jak miedziowa, jest bardzo cienka i porowata, na to już nie da się nic poradzić.

Interesuje Cię jeszcze pewnie, w jakim celu przedmiot pokrywany niklem trzeba łączyć z blachą aluminiową. Zajrzyj tylko do pierwszego rozdziału i sprawdź kolejność metali Cu, Al i Ni w podanym tam szeregu. Jak widzimy, pierwszy jest



glin, dalej idzie nikiel, a na końcu miedź. A więc miedź, jako najbardziej szlachetna nie może wyprzeć z roztworu mniej szlachetnego od niej niklu, a tym samym nikiel nie może osadzić się na miedzi.

Z pomocą miedzi przychodzi tu jednak glin. Jest on mniej szlachetny od niklu, a w dodatku nikiel osiada na nim bardzo trudno. Jeśli więc blachę aluminiową połączymy drutem z miedzią i zanurzymy w roztworze soli niklu, wówczas nikiel osadza się na miedzi.

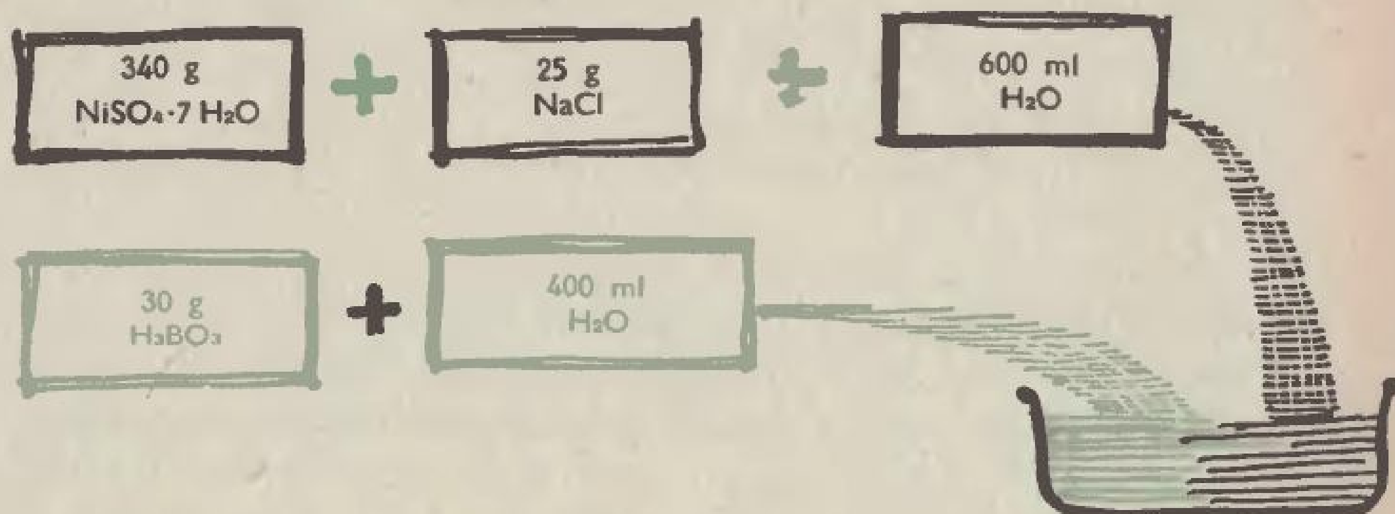
Anody niklowe

Dla przeprowadzenia elektrolitycznego niklowania konieczne są dwie chociażby małe anody niklowe. Jeśli już nigdzie nie będziesz mógł zdobyć kawałeczka blachy niklowej, wówczas nie pozostaje nic innego, jak anody takie wykonać samemu.

Do tego celu musisz kupić siarczan niklawy $NiSO_4 \cdot 7H_2O$. Z roztworu tego siarczanu przez elektrolizę będziesz mógł wydzielić czysty, metaliczny nikiel.

Jeżeli masz siarczan niklawy siedmiowodny, to rozpuść 340 g tego związku w 600 ml wody, po czym dodaj 25 g soli białej, kuchennej. Z kolei w 400 ml wody rozpuść 30 g kwasu borowego H_3BO_3 (tzw. kwas borny), zmieszaj to z poprzednim roztworem i wlej do wanienki.

Na obu bocznych szynach, na drutach miedzianych zawieś po 4—5 pałeczek węglowych na każdej. Będą to nierozpuszczalne anody. Katodę będą stanowić oczyszczone, odtłuszczone i wytrawione cienkie 2 blaszki miedziane lub mosiężne.



Kąpiel ogrzej do 30—40°C, włącz prąd i na środkowej szynie zawieś blaszki katody. Na blaszkach tych w sposób bardzo powolny, lecz stały osadzać się będzie metaliczny nikiel.

Gęstość prądu powinna wynosić 2—3 A/dm^2.

Proces osadzania się niklu jest bardzo powolny, trudno — musisz się uzbroić w duży zapas cierpliwości. Po 24 godzinach trwania elektrolizy, kąpiel przesącz, odparuj z niej część wody, tak aby pozostało 800 ml całego roztworu i dodaj 100 g $NiSO_4 \cdot 7H_2O$. Zmontuj cały układ, włącz prąd i prowadź elektrolizę znowu przez 24 godziny. Po tym czasie kąpiel trzeba zagęścić przez odparowanie do 500 ml. Teraz trzecia doba trwania elektrolizy i koniec.

Tak otrzymane anody niklowe ustępują znacznie anodom wykonanym z czystej blachy niklowej, ale do prac nieskomplikowanych najzupełniej Ci wystarczą.

Istnieje bardzo duża ilość przepisów na kąpiele do elektrolitycznego niklowania. W ich skład wchodzą prawie wszystkie znane sole niklu. Z tej wielkiej ilości przepisów podaję Ci poniżej dwa najprostsze. Wybór jednego z nich pozostawiam już Tobie.

Przepis pierwszy. W 500 ml wody rozpuszczaj kolejno 150 g siarczanu niklawego $NiSO_4 \cdot 7H_2O$, 50 g siarczanu sodu $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ oraz 5 g chlorku sodu NaCl. Po rozpuszczeniu wszystkich składników całość przesącz. Osobno w 400 ml gorącej wody rozpuść 20 g kwasu borowego H_3BO_3, po czym oba roztwory zmieszaj razem. Kąpiel ta pracuje w temperaturze 18—25°C i przy gęstości prądu 0,8—1 A/dm² pokrywanej powierzchni.

Przepis drugi. W 600 ml destylowanej wody rozpuść 240 g siarczanu niklawego $NiSO_4 \cdot 7H_2O$ i dodaj 25 g czystej, białej soli kuchennej, czyli chlorku sodu NaCl. Osobno w 400 ml wody destylowanej rozpuść 4 g kwasu borowego. Oba te roztwory zlej razem i dokładnie wymieszaj.

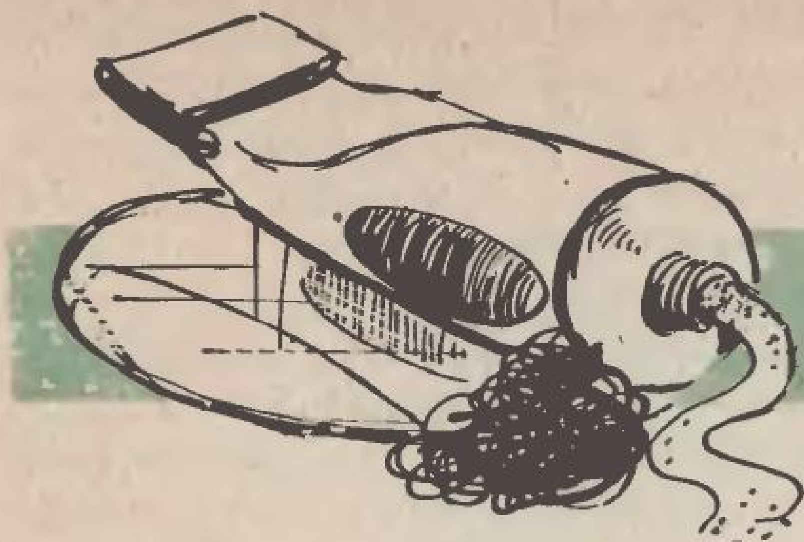
W tej kąpieli niklujе się w temperaturze 18—20°C i pod napięciem 2,5—3 V.

Jedną z przygotowanych przez Ciebie kąpieli wlej do wanienki, na bocznych szynach zawieś anody niklowe i włącz prąd. Teraz dopiero na szynie środkowej zawieś odpowiednio przygotowany przedmiot przeznaczony do niklowania.

Wszystko gotowe? — no to świetnie. Podam ci więc jeszcze kilka praktycznych wskazówek.

Dobrze przebiegający proces niklowania rozpoczynasz po umiarkowanym wydzielaniu się na katodzie pęcherzyków wodoru. Przedmioty niklowane już w kilka sekund po zawieszeniu w kąpieli powinny pokrywać się jasną warstewką niklu, jeżeli to nie następuje, trzeba zaraz winy szukać w niewłaściwym połączeniu, zbyt słabym prądzie, względnie zimnej lub złej kąpieli.

Jeżeli zaś przedmioty niklują się, lecz zewnętrzne ich części przybierają kolor szaroczarny, świadczy to o zbyt dużym natężeniu prądu. Zbyt silny prąd powoduje również za intensywne wydzielanie się gazów w kąpieli. W ten sposób wytworzona



PO ZAKOŃCZENIU PRZEDMIOTY WYPOLEROWAĆ

powłoka nie trzyma się dobrze podłoża, łatwo pęka i łuszczy się szczególnie na narożach.

Jeśli niklowanie zachodzi, lecz niektóre miejsca pozostają nieponiklowane, to przyczyną tego jest (o, jaki wstyd) niedostateczne oczyszczenie powierzchni albo czasem zbyt silne tworzenie się pęcherzyków wodoru. W tym ostatnim przypadku należy zmniejszyć gęstość prądu.

Gdy osadzanie się niklu odbywa się powoli i nierównomiernie, przyczyna tego zjawiska leży w zbyt małej zawartości niklu w kąpieli lub też w zbyt zimnej kąpieli.

Dobre niklowanie musi trwać co najmniej 45 minut.

Przedmiot wyjęty z kąpieli oczywiście opłucz starannie wodą i wysusz — jak poprzednio mówiłem — w trocinach.

Powłoka niklu nałożona galwanicznie jest przeważnie matowa. Dla nadania jej pięknego połysku suchy przedmiot przepoleruj lekko filcem posypanym kredą lub posmarowanym pastą do zębów. Polerowanie takie jest łatwe i nie zabiera zbyt wiele czasu. Jeżeli przedmiot Twój był uprzednio starannie przygotowany, to teraz dopiero zbierzesz tego owoce. Kółko, sprzączka czy karabińczyk staną się piękne, lśniące i co najważniejsze zupełnie niewrażliwe na działanie deszczu lub wilgoci.

Niklowanie aluminium i stopów

A teraz jeszcze parę słów o niklowaniu przedmiotów aluminiowych lub ze stopów Zn-Al, o co mnie już przecież kilkakrotnie pytałeś.

Tego rodzaju wyrobów nie możesz bezpośrednio niklować, więc trzeba się będzie uciec do drogi okrężnej.
Otóż niklowanie aluminium oraz stopów Zn-Al musi być poprzedzone takimi operacjami:

— odtłuszczanie wstępne chemiczne,
— płukanie,
— odtłuszczanie elektrochemiczne,
— płukanie,
— trawienie,
— płukanie,
— zacynowanie.

Wstępne odtłuszczanie chemiczne

W zależności od stopnia i rodzaju zabrudzenia powierzchni wyrobów z aluminium lub ze stopów Zn-Al, odtłuszcza się je od razu wapnem wiedeńskim, bądź po uprzednim umyciu w acetonie lub benzynie ekstrakcyjnej (uważaj — są to ciecze łatwopalne). Mycie tymi rozpuszczalnikami stosujesz wtedy, gdy na powierzchni wyrobów znajdują się resztki pasty polerowniczej czy też środka konserwującego.

Płukanie

Powierzchnie odtłuszczone wapnem wiedeńskim spłucz dokładnie wodą. Miernikiem dobrego odtłuszczenia jest, jak wiesz, tworzenie się na całej powierzchni wyrobu filmu wodnego. Jeżeli zauważysz, że w pewnych punktach powierzchni film wodny się przerywa, miejsce to musisz jeszcze raz przetrzeć zawiesiną wapna wiedeńskiego, po czym dokładnie spłukać pod bieżącą wodą.

Odtłuszczanie elektrolityczne

Wstępnie odtłuszczone i opłukane przedmioty zawieś jako katody (na szynie katodowej) w roztworze do odtłuszczania elektrolitycznego, który stanowi:

fosforan trójsodowy, Na_3PO_4 — 70 g/l wody,

o temperaturze 50—60°C. Czas odtłuszczania wynosi 2—5 minut, anody musisz wykonać w blachy stalowej.

Płukanie

Odtłuszczone elektrolitycznie przedmioty opłucz pod bieżącą wodą.

Trawienie

Ponownie opłukane przedmioty zawieś w poniższym roztworze do trawienia:

100 ml st. kwasu siarkowego, H_2SO_4 w 1 litrze wody.

Trawienie prowadzisz w temperaturze pokojowej. Orientacyjny czas trawienia aktywującego wynosi 1 minutę. Musisz przy tym bacznie obserwować przedmiot zawieszony w roztworze. Gdy jego powierzchnia lekko ściemnieje i zacznie się pokrywać małymi pęcherzykami gazu, trawienie musisz od razu przerwać.

Płukanie

Wyjęte z kąpieli trawiącej przedmioty opłucz dokładnie pod bieżącą wodą i od razu zawieś w kąpieli do zacynkowania.

Zacynkowanie

Po dokładnym przemyciu przedmioty musisz natychmiast zanurzyć w roztworze soli cynku. Przedmioty aluminiowe i ze stopów Zn-Al pokrywają się wtedy kontaktowo warstewką tego metalu, co umożliwia późniejsze osadzanie się żądanych powłok metalicznych metodą galwaniczną, w Twoim przypadku powłoki niklu.

W celu kontaktowego pokrycia przedmiotów aluminiowych i stopowych cynkiem, zanurza się je do roztworu cynkanu sodu.

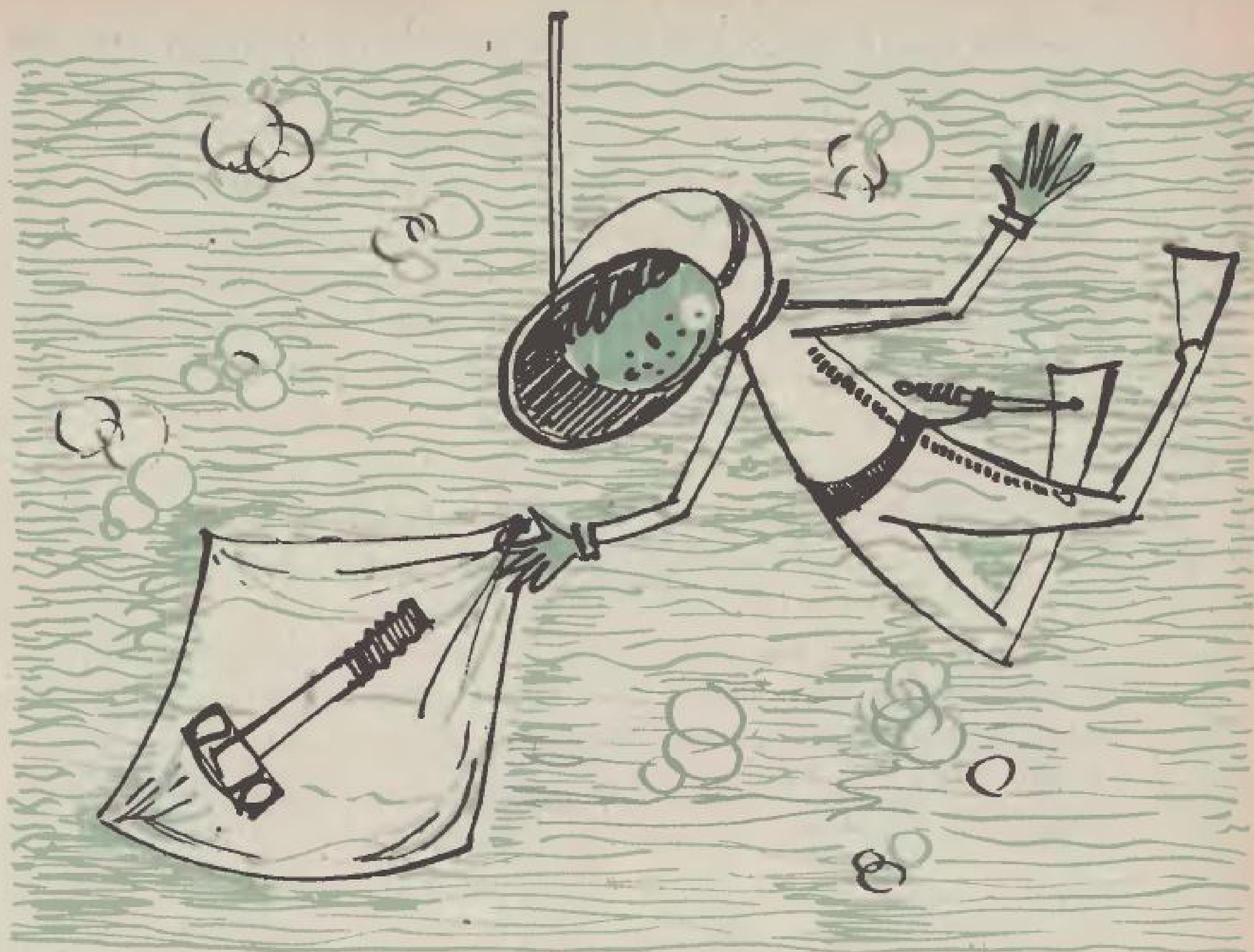
Temperatura tej kąpieli wynosi 17—20°C, czas zanurzenia 1—3 minuty. Przedmioty z osadzoną na ich powierzchni warstwą cynku wyjmuje się z kąpieli, bardzo starannie płucze w wodzie i zaraz przenosi się do kąpieli galwanicznej do niklowania.

Już wiem — o co Ci chodzi. Niepokoi Cię występowanie w przepisie cynkanu sodu. Zaraz się tym zajmiemy. Otóż roztwór cynkanu sodu przygotujesz w taki sposób. — Poprzednio wykonany 30-procentowy wodny roztwór siarczanu cynkowego, $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, **wlej stopniowo, przy ciągłym mieszaniu do**

40—50-procentowego roztworu wodorotlenku sodu, NaOH. Na 100 cz. wag. $ZnSO_4$ $7H_2O$ zużyjesz 90—100 cz. wag. NaOH. Jeśli stwierdzisz, że pokrycie przedmiotów aluminiowych i stopowych cynkiem jest nierównomierne, przedmiot musisz zanurzyć do mieszaniny kwasów siarkowego i azotowego (w stosunku 1 : 1) w celu usunięcia wadliwej warstewki cynku, następnie płucz go wodą i powtórnie zanurz do roztworu cynkanu sodu. Dopiero tak obrobione przedmioty możesz już w zwykły sposób galwanicznie miedziować, niklować, cynkować lub srebrzyć.

A więc, jak widzisz, zarówno aluminium jak też i stopy tego metalu z cynkiem dają się niklować, ale wymaga to pewnych czynności wstępnych.

Z wielkiej radości z powodu udanego niklowania nie zapomnij tylko wyłączyć prądu, wyjąć i umyć anody oraz szyny, wysuszyć je oraz przelać kąpiel do butelki z docieranym korkiem. Oczywiście butelka musi mieć przyklejoną odpowiednią etykietkę.



O CYNKOWANIU, ALE TYLKO Z PRĄDEM

Skuteczny pancerz

Zapewne już niejednokrotnie oglądałeś śruby, nakrętki, podkładki oraz najrozmaitszy elektrotechniczny sprzęt motoryzacyjny, a więc np. osłony regulatorów napięcia prądnicy, oprawki żarówek samochodowych itp. Jeżeli jesteś bacznym obserwatorem, to zapewne zauważyłeś, że wszystkie te oraz podobne wyroby są pokryte zazwyczaj jakąś powłoką mieniącą się wszystkimi kolorami tęczy, przy czym najczęściej dominuje barwa żółtawozielona lub czerwonawozłota.

Co cynkujemy i w jakim celu?

W praktyce cynkujemy jedynie stal, aby uchronić ją przed korozją. Wbrew pozorom cynk, ten szary, skromny metal, potrafi znacznie skuteczniej chronić stal przed atakiem korozji

niż błyszczący nikiel czy też piękna miedź. Dlatego właśnie wszelkiego rodzaju śruby, podkładki, nakrętki, okucia budowlane, osprzęt elektrotechniczny i samochodowy wykonany ze stali jest obecnie cynkowany.

Z wyjątkiem paru metali szlachetnych, jak złoto i rodzina platynowców, wszystkie metale w mniejszym lub większym stopniu ulegają działaniu korozji. Nic też dziwnego, że koroduje również cynk, ale w porównaniu z innymi metalami, a zwłaszcza stalą, robi to znacznie, znacznie wolniej.

Powłoka cynkowa na stali stanowi więc jak gdyby ochronny pancerz zabezpieczający przez pewien czas stal przed atakiem korozji. Ponieważ ze względów praktycznych taki pancerz nie może być zbyt gruby (pytasz dlaczego? — a co by się stało, gdyby na przykład zbyt grubo pocynkować gwint?), chemicy znaleźli bardzo prosty, a zarazem i skuteczny sposób zwiększania twardości powłoki cynkowej. Okazało się mianowicie, że cynk zanurzony na kilkanaście sekund w roztworze zawierającym związki chromu pokrywa się cieniutką warstewką produktów reakcji. Warstewka ta o barwie zielonkawożółtej i mieniąca się różnymi kolorami tęczy oprócz dosyć niezwykłego wyglądu odznacza się ponadto bardzo dużą odpornością korozyjną.

Innymi słowy, kolorowa warstewka zwana pasywną lub konwersyjną przedłuża żywot całej powłoki cynkowej, która z kolei chroni stal.

Dość jednak tych teoretycznych wywodów. Weźmy się już do zastosowań praktycznych, bowiem właśnie cynkowanie jest chyba najodpowiedniejszym procesem do prowadzenia w skromnych warunkach domowego laboratorium.

Kąpiele do cynkowania

W dużych galwanizerniach są stosowane trzy rodzaje kąpieli do cynkowania. Są to:

a) kąpiele kwaśne,
b) kąpiele alkaliczne (zwane cynkanowymi),
c) kąpiele cyjankowe.

Każdy z tych trzech rodzajów kąpieli odznacza się specyficz-

nymi zaletami jak też i wadami, dlatego znajdują one zastosowanie w zależności od rodzaju i przeznaczenia wyrobu.

Ty nie będziesz miał kłopotu z wyborem rodzaju kąpieli, gdyż ze względu na konieczne do nich odczynniki, dla Ciebie są dostępne jedynie kąpiele kwaśne. Mają one bardzo prosty skład, pracują niezawodnie i — co najważniejsze — nie zawierają trujących substancji. Podaję trzy przepisy kąpieli kwaśnej.

Przepis pierwszy: kąpiel zwykła dla uzyskania powłoki o grubości 10 μm; proces musi trwać około 25 minut.

W 700 ml wody o temperaturze 60°C rozpuść:

siarczanu cynkowego $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	450 g,
siarczanu glinowego $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	30 g,
siarczanu sodu $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$	50 g.

Po przesączeniu dopełnij wodą do objętości 1 l i wlej do wanienki. Gdybyś nie mógł dostać siarczanu glinowego, to możesz go zastąpić 45 g ałunu glinowo-potasowego.

Kąpiel pracuje w temperaturze 18—25°C przy gęstości prądu 1—2 A/dm² pokrywanej powierzchni.

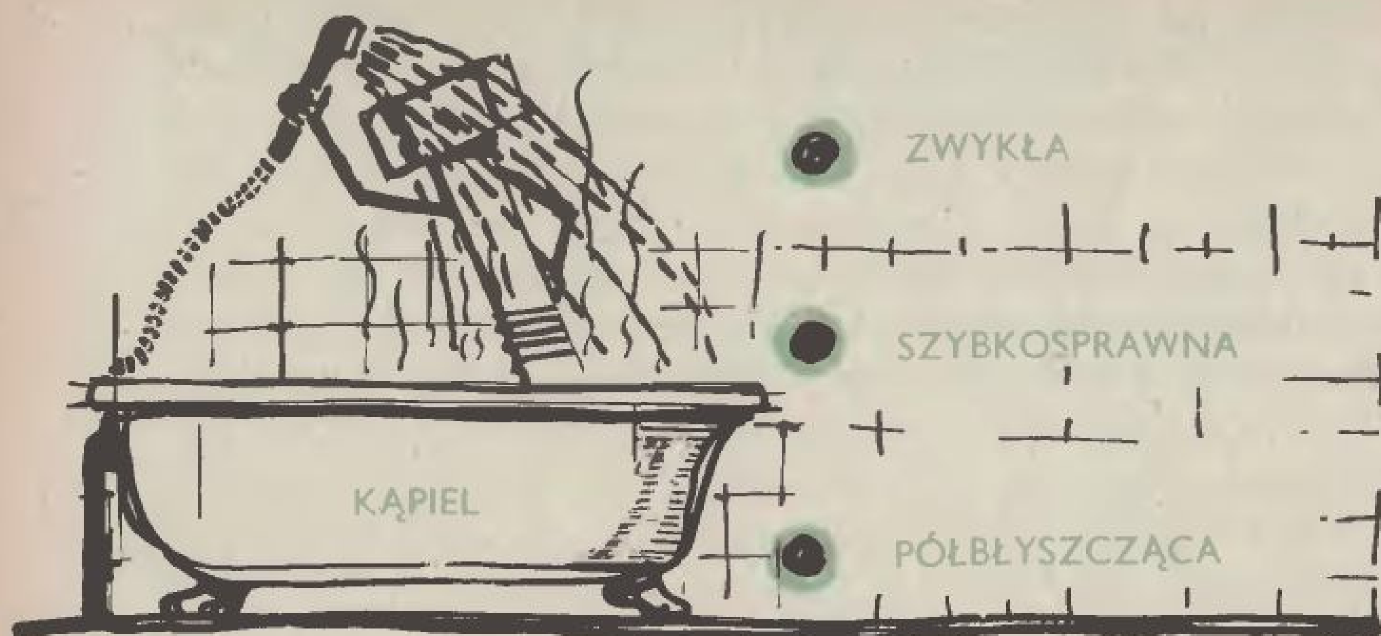
Przepis drugi: kąpiel szybkosprawna dla uzyskania powłok o grubości 10 μm; proces musi trwać tylko 10 minut.

W 700 ml wody rozpuścić:

siarczanu cynkowego $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	450 g,
chlorku amonu NH_4Cl	25 g,
kwasu borowego H_3BO_3	40 g.

Otrzymany roztwór przesącz, dopełnij wodą do objętości 1 l i wlej do wanienki.

Kąpiel ta pracuje w temperaturze 18—25°C i możesz stosować gęstość prądu 2—4 A/dm² pokrywanej powierzchni.



Przepis trzeci: kąpiel dostarczająca powłoki półbłyszczące.

W 600 ml wody ogrzanej do temperatury 60°C rozpuść kolejno:

siarczanu cynkowego $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	350 g,
siarczanu glinowego $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	30 g,
siarczanu sodu $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$	80 g,

po czym całość przesącz.

Osobno, w małej ilości zimnej wody, rozrób 10 g dekstryny, dodaj troszkę wody, ogrzej całość mieszając do temperatury 60°C. Następnie zlej oba roztwory razem i dopełnij je do objętości 1 l.

Kąpiel ta pracuje w temperaturze 18—25°C przy gęstości prądu 1—2 A/dm² pokrywanej powierzchni, ale — jak już wspomniałem — powstająca w niej powłoka cynkowa jest półbłyszcząca.

Parę słów o przygotowaniach

Podstawowym warunkiem, aby powłoka cynkowa spełniała swe zadanie, to znaczy, ażeby skutecznie chroniła stal przed

korozją, jest jej dokładne związanie z powierzchnią stali. Może to nastąpić jedynie wówczas, gdy powierzchnia stali zostanie bardzo starannie odtłuszczona i wytrawiona.

— ...i chyba jeszcze wyszlifowana oraz wypolerowana — dodajesz.

Otóż nie, na Twoje szczęście, nie. O ile bowiem przed miedziowaniem, niklowaniem i srebrzeniem powierzchnia pokrywanego przedmiotu musi być bezwzględnie wyszlifowana i wypolerowana do połysku, o tyle w przypadku cynkowania jest to zbyteczne.

Zresztą byłoby raczej trudno polerować np. gwintowane śruby, czy nakrętki. Przy cynkowaniu **obowiązuje** tylko bardzo duża **czystość powierzchni.**

Jeżeli więc chcesz cynkować np. zardzewiałe zawiasy, wkręty do drewna lub klucze rowerowe, to nie musisz ich szlifować i polerować. Zacznij pracę od wstępnego odtłuszczania, a następnie usunięcia produktów korozji, czyli rdzy, w 10-procentowym wodnym roztworze kwasu solnego HCl.

W zależności od głębokości wżerów i grubości powłoki rdzy trawienie trwa 3—15 minut, po czym przedmiot płucze się, odtłuszcza i trawi sposobami znanymi Ci już z poprzednich rozdziałów.

Do przygotowań musimy również zaliczyć wykonanie anod.

Anody powinny być wykonane z grubej blachy cynkowej o dużej czystości. Oczywiście nabycie tego rodzaju blachy nie będzie wcale proste. Można co prawda do cynkowania stosować też i cienkie blaszki cynkowe, ale będzie to tylko półśrodek, ot taki środek zastępczy na chwilkę, bez myśli o jutrze.

Dlatego uważam, że najlepiej będzie samemu wykonać odpowiednie anody.

Jasne jest, że najprostszym surowcem będą stare zużyte bateryjki. Trzeba je porozbierać, opróżnić cynkowe kubeczki, porozcinać oraz bardzo dokładnie umyć szczotką w gorącej wodzie.

Gdy już zgromadzisz spory zapas cynkowych blaszek z kubeczków od bateryjek, wykonaj roztwór do cynkowania według przepisu drugiego i wlej go do wanienki. Na szynie środkowej (katodzie) zawieś możliwie jak największą z posiadanych blaszek cynkowych. Z kolei na dwu szynach bocznych (anodach)



UWAGA!

DRUT NIE MOŻE DOTYKAĆ

ELEKTROLITU

zawieś połączone w pęczki, po 2—3 sztuki, blaszki cynkowe z rozciętych kubeczków.

UWAGA: *zarówno drut, który łączy blaszki, jak też i drut służący do zawieszenia na szynie, nie mogą dotykać elektrolitu w wanience, gdyż się rozpuszczą i zanieczyszczą kąpiel.*

Włącz teraz prąd i ureguluj jego natężenie tak, aby na 1 dm^2 blaszki katody przypadało około 1,5 A. Sprawdź jeszcze raz wszystkie połączenia i możesz całość pozostawić pod prądem na 6—8 godzin.

Po upływie tego cząsu anody ulegną już zapewne rozpuszczeniu, więc na szynach bocznych zawieś nowe pęczki blaszek cynkowych i ponownie prowadź proces przez 6—8 godzin. Po 3—4 takich cyklach Twoja dawna blaszka na katodzie zamieni się w grubą blachę.

Wyjmij ją, opłucz, wysusz i przetnij na dwa równe kawałki. Będziesz już miał własne anody cynkowe.

Co prawda nie należy to już właściwie do przygotowań, lecz raczej do zakończenia, ale chciałbym Ci jeszcze przypomnieć, że anody po skończonym cynkowaniu zawsze muszą być wyjęte z wanienki, opłukane i wysuszone.

Powłoki cynkowe nakładane w zwykłych kąpielach są szare, mało efektowne. Ich wygląd możemy znacznie polepszyć przez zastosowanie procesu rozjaśniania.

Ten zabieg, szumnie przeze mnie nazywany procesem, polega po prostu na zanurzeniu pocynkowanego przedmiotu w 1-procentowym wodnym roztworze kwasu azotowego HNO_3. Tylko pamiętaj, że zanurzenie ma trwać dosłownie 2—3 sekundy, po czym przedmiot musisz **natychmiast** bardzo starannie **opłukać** pod bieżącą wodą.

Jeżeli natomiast wbrew moim radom będziesz pragnął ulepszyć podany przepis, to uprzedzam, że zbyt długie przetrzymywanie cynkowanego wyrobu w kwasie azotowym zniszczy powłokę, zbyt późne zaś lub niestaranne opłukanie spowoduje sczernienie powierzchni.

Po rozjaśnieniu, które wierzę, że wykonasz starannie i zgodnie z przepisem, możesz zastosować proces zwany pasywacją. Jest on łatwy do wykonania, a ponieważ znacznie zwiększa odporność korozyjną cynku, serdecznie radzę go wykonać.

Oto przepisy na roztwory do pasywowania cynku:

1. W 600 ml wody rozpuszczamy
   200 g dwuchromianu sodu $Na_2Cr_2O_7$, dodajemy
   6 ml stężonego kwasu siarkowego H_2SO_4

po czym całość dopełniamy wodą do objętości 1 litra. Z kąpieli tej otrzymasz powłoki żółtozłociste.

2. W 800 ml wody rozpuszczamy
   120 g bezwodnika kwasu chromowego CrO_3, następnie dodajemy
   1 ml kwasu azotowego HNO_3,
   0,5 ml kwasu siarkowego H_2SO_4,

po czym całość dopełniamy wodą do objętości 1 litra.

3. W 500 ml wody rozpuszczamy
   100 g bezwodnika kwasu chromowego CrO_3,
   a osobno w 200 ml wody
   25 g chlorku sodu NaCl.

Oba roztwory zlewamy razem, po czym dopełniamy wodą do



objętości 1 l. Z kąpieli tej osadzają się powłoki błyszczące o barwie złocistoczerwonej, przypominającej brąz.

A teraz sprawa zasadnicza — jak te roztwory do pasywacji stosować?

Pasywowanie powłok cynkowych przeprowadza się w temperaturze pokojowej 18—20°C.

Powłoka przeznaczona do pasywacji musi być zupełnie czysta i rozjaśniona. W praktyce najlepiej jest pasywację wykonać od razu po nałożeniu powłoki i jej rozjaśnieniu. Oczywiście nie ma mowy, aby pocynkowany przedmiot dotykać palcami.

Przedmiot z rozjaśnioną powłoką cynkową zanurza się do jednego z podanych roztworów pasywujących na 10—15 sekund, po czym bardzo dokładnie płucze pod bieżącą wodą. I znów pamiętaj — czas ten musi być starannie przestrzegany.

Jeżeli chciałbyś przeprowadzić próby pasywacji na blaszkach cynkowych, to po dokładnym odtłuszczeniu zanurz je w roztworze rozjaśniającym, opłucz i od razu pasywuj w jednej z podanych kąpieli.

Nie pozostaje mi już nic innego, tylko życzyć Ci przyjemnych i udanych doświadczeń z wytwarzaniem naprawdę efektownych warstewek pasywnych na cynku.



O RÓŻNYCH RODZAJACH SREBRZENIA

Nie wiem, czy jesteś zamiłowanym radioamatorem, elektrotechnikiem, może zresztą zajmujesz się modelarstwem, a może interesuje Cię zdobnictwo. Jedno jest pewne, że we wszystkich tych przypadkach i jeszcze wielu innych tu niewymienionych, bardzo przydatna jest umiejętność srebrzenia. Srebro zapewnia zawsze dobry styk elektryczny, jest bardzo odporne na korozję, a poza tym powłoki srebrne są niezmiernie dekoracyjne, nadają pokrytemu przedmiotowi ładny i trwały wygląd.

W technice srebrzenie jest bardzo szeroko stosowane. Proces ten na skalę przemysłową jest przeprowadzany galwanotechnicznie, to znaczy metodą elektrolizy.

Za chwilę podam Ci przepisy na dwa rodzaje srebrzenia — bezprądowego oraz galwanicznego.

S r e b r z e n i e b e z p r ą d o w e pozwala na uzyskanie powłok jedynie bardzo cienkich, ale jest za to łatwe do przepro-



wadzenia. Srebrzenie takie polega na wypieraniu srebra z roztworów przez miedź.

Srebrzenie galwaniczne, dzięki któremu otrzymuje się powłoki solidne i grube, sprawi Ci pewne kłopoty, bowiem ze składu kąpieli musisz przecież wyeliminować cyjanki.

W celu przeprowadzenia każdego z dwóch podanych sposobów srebrzenia trzeba uprzednio przygotować odpowiednie roztwory związków srebra.

Lapis i stare monety

Martwisz się już pewnie, skąd zdobyć srebro lub jego związki? Zapewniam Cię, że tym razem da się to załatwić łatwiej niż myślisz.

W każdej aptece, a nawet drogerii, można nabyć tzw. lapis. Jest to mała, twarda i biała pałeczka używana przy różnych chorobach skóry, a również i oczu. Głównym składnikiem lapisu jest azotan srebra $AgNO_3$, zwany dawniej piekielnym kamieniem. Często lapis sprzedawany w aptekach zawiera parę procent chlorku srebra AgCl. Domieszka ta do Twoich celów nie tylko, że nie jest szkodliwa, lecz nawet pożądana.

Drugim z kolei źródłem związków srebra mogą być stare monety lub jakiekolwiek inne, nie używane już przedmioty srebrne. Tu już czeka Cię nieco więcej pracy. Zarówno bowiem monety, jak i wszelkie inne wyroby srebrne są produkowane zawsze nie z czystego srebra (ponieważ jest za miękkie), lecz ze stopów zawierających zwykle miedź i nikiel.

Tak się jednak pomyślnie układa, że srebro dzięki swym specyficznym własnościom chemicznym, które zaraz poznasz, daje się bardzo łatwo oddzielić od innych metali wchodzących w skład stopu.

Obetnij lub odłam szczypcami maleńki kawałeczek monety srebrnej lub jakiegoś zniszczonego wyrobu srebrnego. Kawałeczek ten wrzuć do probówki napełnionej do jednej trzeciej



OTO TWOJE ŹRÓDŁA SREBRA

10-procentowym kwasem azotowym HNO_3. Probówkę wstaw do zlewki z gorącą wodą, a już po chwili kawałeczek stopu roztwarza się całkowicie. Powiedzmy, że stop zawierał srebro z dodatkiem miedzi, cynku i nawet niklu. Wszystkie te metale roztwarzają się świetnie w kwasie azotowym, tworząc odpo-

wiednie sole — azotany. A więc w probówce masz teraz mieszaninę roztworów następujących soli:

azotanu srebra	— $AgNO_3$,
azotanu miedziowego	— $Cu(NO_3)_2$,
azotanu cynkowego	— $Zn(NO_3)_2$,
azotanu niklawego	— $Ni(NO_3)_2$.

W drugiej probówce w małej ilości wody rozpuść parę kryształków soli kuchennej NaCl i wlej do roztworu azotanów. Natychmiast po dodaniu pierwszych kropli zacznie się strącać i opadać na dno probówki biały, serowaty osad.

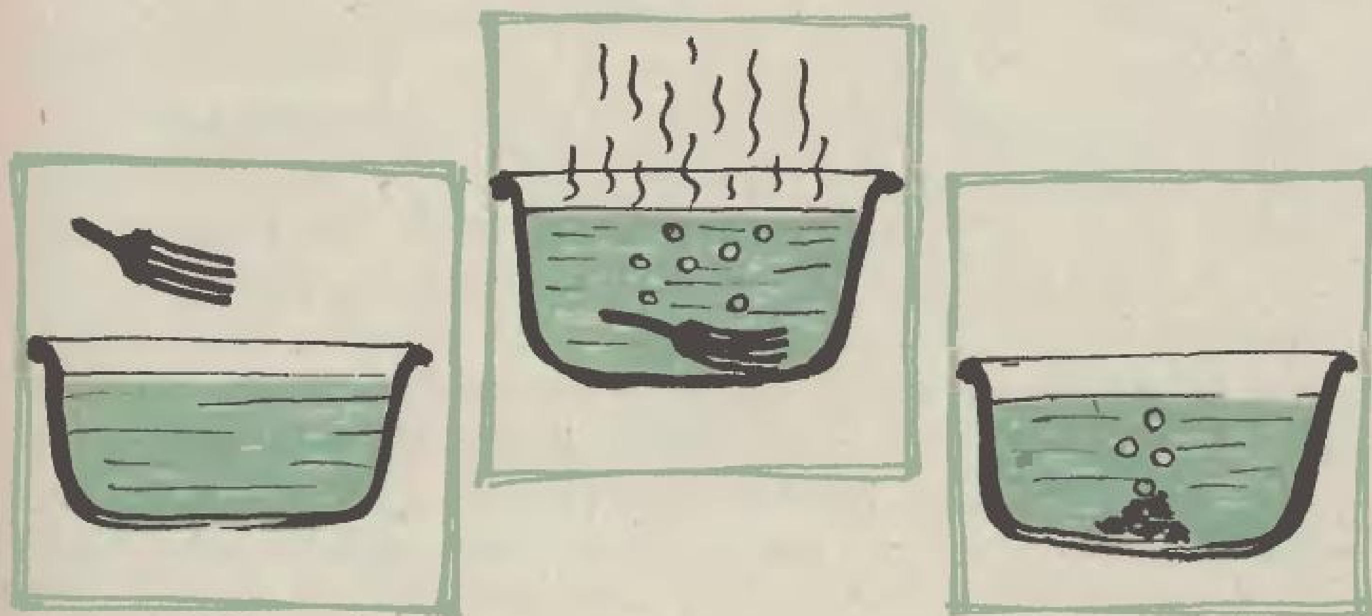
Jest to nierozpuszczalny w wodzie chlorek srebra AgCl, który powstaje w wyniku reakcji



$$AgNO_3 + NaCl \rightarrow NaNO_3 + AgCl\downarrow$$

Natomiast żaden z pozostałych azotanów, a więc cynku, miedzi czy niklu, w tej reakcji z solą kuchenną nie tworzy osadów, gdyż chlorki tych metali są równie dobrze rozpuszczalne w wodzie jak azotany. Jedynie chlorek srebrowy jako nierozpuszczalny w wodzie wytrąca się w postaci białego osadu i opada na dno.

Rozumiesz już teraz, jak dzięki tej specyficznej reakcji srebra można szybko i łatwo oddzielić ten metal od innych metali towarzyszących mu w stopie.








Jeśli więc chcesz otrzymać sól srebra potrzebną do srebrzenia, monetę lub przedmiot srebrny połam na małe kawałeczki i roztwórz w 10-procentowym kwasie azotowym. **Roztwarzaniu się stopu w kwasie azotowym towarzyszy wydzielanie się gryzących i szkodliwych dla zdrowia brunatnych par** (są to tlenki azotu). Dlatego też roztwarzanie stopu wykonaj np. na palenisku w piecu lub też na wolnej przestrzeni, na balkonie lub wprost na dworze.

Do roztworu azotanów dodaj sól kuchenną rozpuszczoną w wodzie. Sól dodawaj powoli, małymi porcjami i całość stale mieszaj. Następnie pozwól osadowi opaść na dno i sprawdź, czy dodawanie soli powoduje jeszcze wytrącanie białego osadu. Jeśli biały osad już się nie wytrąca, oznacza to, że całe zawarte w roztworze srebro spoczywa już na dnie naczynia w postaci białego chlorku srebrowego.

Gdy osad całkowicie opadnie, zlej znad niego ostrożnie klarowną ciecz, dolej czystej wody i całość dokładnie zamieszaj. Poczekaj, aż osad opadnie, zlej klarowną ciecz i znowu do naczynia dolej czystej wody. W ten sposób przemyj osad co najmniej 8 razy.

Przemytego chlorku srebrowego nie odsączaj, lecz razem z małą ilością wody przelej do słoiczka z ciemnego szkła, a jeśli takiego nie masz, to do słoiczka zwykłego, lecz szczelnie owiniętego grubym papierem.

Czy rozumiesz, po co są te dodatkowe wymagania?

Po to, aby uchronić chlorek srebrowy przed działaniem promieni świetlnych. Związek ten, jak wiesz, pod wpływem światła rozkłada się i ciemnieje. Nie ma w tym nic nowego, to właśnie chlorek srebrowy stanowi główny składnik światłoczułych papierów fotograficznych (do tzw. odbitek stykowych). Dlatego też radzę Ci proces strącania i przemywania chlorku srebra prowadzić w przyciemnionym pokoju.

Jeżeli natomiast posiadasz lapis $AgNO_3$, to pokrusz pałeczkę na małe kawałeczki i rozpuść je w 0,5 l wody. Do roztworu tego dolej trochę roztworu soli, a znów strąci się chlorek srebra. Osad ten przemyj zupełnie tak samo, jak poprzednio, i wlej z częścią wody do słoiczka.

Z odczynników koniecznych do przeprowadzenia srebrzenia potrzebny Ci jeszcze będzie związek o nazwie kwaśny winian potasowy, zwany popularnie kamieniem winnym. Związek ten również można nabyć bez trudu w aptece, zwłaszcza że potrzeba go bardzo mało, zaledwie 10—15 g.

Na początek bez prądu

Srebrzenie bezprądowe możesz przeprowadzić dwiema metodami — przez gotowanie lub przez pocieranie. O wyborze odpowiedniej metody decyduje przede wszystkim wielkość srebrzonego przedmiotu oraz jego kształt.

Jeżeli przedmiot jest duży (np. tacka lub świecznik), to aby go posrebrzyć przez gotowanie, musiałbyś sporządzić parę litrów roztworu. Takie więc przedmioty najlepiej będzie srebrzyć, pocierając je szmatką z odpowiednią pastą. Sposób ten jest jednak niedogodny, gdy przedmiot ma bardzo skomplikowany kształt (np. broszka czy rzeźba). Wówczas o wiele prościej jest gotować go w odpowiednim roztworze.

Niezależnie od wielkości i kształtu przedmiotu srebrzyć bezpośrednio można tylko miedź i jej stopy. Inne zaś metale, jak stal czy cynk, trzeba koniecznie uprzednio solidnie pomiedziować.

Nie zapominaj również, że przy srebrzeniu bezprądowym obowiązują te same zasady przygotowania powierzchni co przy wszystkich procesach galwanicznego pokrywania. A więc polerowanie, odtłuszczanie i trawienie.

W przyciemnionym pokoju odsącz część przygotowanego chlorku srebrowego. Gdy woda przestanie już kapać z nóżki lejka, odważ i przełóż do małego moździerzyka porcelanowego 10 g wilgotnego jeszcze chlorku srebrowego. Z kolei odważ 8 g czystej, białej soli kuchennej oraz 8 g kwaśnego winianu potasu. Odważone porcje tych związków wsyp do moździerzyka i wałeczkiem porcelanowym całość starannie i dokładnie utrzyj, aby powstała jednorodna papka.

Papki tej nie wolno mieszać ani rozcierać żadnym przedmiotem metalowym. Posługiwać się możesz tylko drewnem, szkłem, porcelaną lub tworzywami sztucznymi.

Mieszaninę taką można całymi miesiącami przechowywać, ale koniecznie szczelnie zamkniętą w słoiczku z ciemnego szkła. Bezpośrednio przed srebrzeniem do tej papki dodaj tyle wody, aby po roztarciu stała się ona rzadka i łatwa do nakładania. Papkę tę nakładaj na skrawek irchy lub flaneli i pocieraj miejsce obok miejsca przedmiot przeznaczony do srebrzenia. Pod wpływem pocierania przedmiot natychmiast pokrywa się mleczną warstewką metalicznego srebra.

W ten sposób można bardzo dogodnie naprawić duże przedmioty srebrzone (np. tace, świeczniki, lampy), na których wskutek uszkodzeń lub długotrwałego używania w niektórych miejscach została zdarta dawna powłoka srebra.

Po skończonym procesie srebrzenia cały przedmiot dokładnie opłucz wodą, wysusz w trocinach i wypoleruj do połysku suchą flanelką.

Aha, jeszcze jedno. Gdybyś nie mógł nigdzie zdobyć kwaśnego winianu potasu, można wykonać jeszcze inną pastę do srebrzenia.

Do 6 ml stężonego wodorotlenku amonu NH_4OH dosyp 6 g azotanu srebra, $AgNO_3$, 10 g tiosiarczanu sodu $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ i jeszcze 10 g drobno utartej kredy. Całość dokładnie wymieszaj i przed srebrzeniem dodaj tyle destylowanej wody, aby powstała jednorodna papka. Papkę tę nakładaj na tampon waty i nacieraj srebrzony przedmiot.

Srebrzenie przez gotowanie

Ponieważ będzie to najprawdziwsze gotowanie, musisz koniecznie postarać się o odpowiednie naczynie. Z naczyń kuchennych możesz do tego celu użyć tylko garnuszka czy kubeczka emaliowanego. Ponadto srebrzenie przez gotowanie da się przeprowadzić w zlewce szklanej bądź porcelanowej.

Podobnie jak poprzednio, w przyciemnionym pokoju odsącz trochę chlorku srebra, a następnie odważ go 3 g. Osad ten przełóż do naczynia i zalej 125 ml wody. Z kolei odważ i wsyp



do tego naczynia 6 g czystej, białej soli kuchennej oraz 6 g kwaśnego winianu potasu. Całość wymieszaj dokładnie pręcikiem szklanym lub drewienkiem, postaw na kuchence elektrycznej i ogrzej, mieszając aż do wrzenia. W tym roztworze zanurz uprzednio przygotowane przedmioty do srebrzenia.

Proces srebrzenia trwa 20 minut i przez cały ten czas musisz roztwór stale mieszać i utrzymywać go w temperaturze bliskiej wrzenia.

Ten sposób srebrzenia polecam Ci zwłaszcza do pokrywania styków elektrycznych, drucików miedzianych, broszek, odznak, rzeźbionych ramek, brązowych medali i posążków.

Po skończonym srebrzeniu przedmiot jak zawsze opłucz starannie wodą, wysusz w trocinach i jeśli Ci zależy na połysku, to przepoleruj go suchą, czystą flanelką. Specjalnie mówię:



„jeśli Ci zależy", bowiem przedmioty srebrzone tą metodą mają piękne, matowomleczne powierzchnie. Takie właśnie powierzchnie są znacznie odpowiedniejsze dla broszek, odznak, łańcuszków lub ramek niż wypolerowane i błyszczące.

Po ostudzeniu roztwór do srebrzenia przelej do butelki ze szkła ciemnego lub zwykłej, ale owiniętej szczelnie grubym, czarnym papierem. Roztwór ten po dodaniu 1 g chlorku srebra będziesz mógł ponownie użyć do srebrzenia.

A teraz z prądem

Przyznam Ci się szczerze, że sporo trudu kosztowało mnie dobranie takiej receptury składu kąpieli do srebrzenia, która byłaby realna do wykonania w Twoich warunkach, bowiem jak w większości procesów galwanicznych, tak też i przy srebrzeniu, królują tu kąpiele zawierające cyjanki.

Ponadto nie da się zaprzeczyć, że jakość powłok srebrowych, nakładanych z kąpieli zawierających cyjanki, jest znacznie wyższa niż jakość powłok, które Ty będziesz mógł otrzymać.

Uprzedziłem Cię lojalnie. Ale wydaje mi się, że przecież lepszy rydz niż nic, prawda?

Do sporządzenia kąpieli potrzebne Ci będą dwie substancje
chlorek srebra $AgCl$
i jodek potasu KI.

Z czego i jak otrzymać chlorek srebra powtarzać już nie będę,

bo zapewne dobrze zapamiętałeś tę metodę. Przypomnę tylko, że chlorek srebra musi być dokładnie przemyty wodą i nie może być rozłożony (sczerniały) pod wpływem działania światła.

Natomiast drugi związek, jodek potasu jest to biały, krystaliczny proszek, doskonale rozpuszczalny w wodzie; bez trudności można go nabyć w aptece.

W 100 ml wody rozpuść więc 35 g jodku potasu KI, a następnie do tego roztworu umieszczonego w zlewce dodaj około 4,5 g chlorku srebra AgCl. Osad chlorku srebra rozpuści się po parominutowym mieszaniu.

UWAGA: *czynność rozpuszczania chlorku srebra w roztworze jodku potasu musisz wykonać w przyciemnionym pokoju.*

Po rozpuszczeniu się chlorku srebrowego kąpiel jest już gotowa do użycia.

Niestety kąpiel ta powinna pracować w temperaturze 25—30°C, więc nieco wyższej od pokojowej, czyli musisz zainstalować jakąś małą grzałkę szklaną np. z akwarium.

Przy srebrzeniu gęstość prądu powinna wynosić od 0,1 do 0,2 A/dm^2 pokrywanej powierzchni.

— A co z anodami? — zapewne zapytasz.

Co tu dużo ukrywać, z anodami jest źle, to znaczy będziesz miał sporo kłopotu z ich zdobyciem. Oczywiście ideałem są anody wykonane z czystej blachy srebrnej. Ponieważ ideały są w życiu trudne do urzeczywistnienia, trzeba się zadowolić kawałkiem starego wyrobu srebrnego lub monetą. Ostatni wreszcie sposób polega na zastosowaniu anod nierozpuszczalnych, a więc np. węglowych lub wykonanych z nierdzewnej blachy stalowej.

— Przecież zawieszenie kawałka wyrobu srebrnego jako anody zanieczyści kąpiel — zaprotestujesz.

I owszem, masz rację, właśnie dlatego mówiłem o wyjściu dalekim od ideału. Przy rozpuszczaniu się przedmiotów srebrnych przejdzie do roztworu pewna ilość miedzi i niklu, lecz metale te można usunąć podczas regeneracji kąpieli.

Pozornie wydawałoby się więc, że najlepszym wyjściem jest zastosowanie anod nierozpuszczalnych.

Nie zapominaj jednak, że w takim przypadku w miarę pokrywania ubywa srebra z roztworu. Ilości te są trudne do skontrolowania bez analizy chemicznej. Gdy jednak zawartość srebra zmaleje poniżej pewnej ilości, następują poważne zaburzenia i proces nakładania po prostu ustaje.

Dlatego, jeżeli zastosujesz anody nierozpuszczalne, to podczas pracy musisz kąpiel wzbogacać w srebro przez dodawanie małych porcji chlorku srebra AgCl.

Na zakończenie pragnę Ci jeszcze przypomnieć, że srebrzyć można tylko miedź i jej stopy, a więc mosiądz czy brąz. Jeżeli pragnąłbyś posrebrzyć np. broszkę wykonaną ze stali, musisz ją uprzednio pomiedziować.

Przed zawieszeniem przedmiotu do srebrzenia w kąpieli obowiązują te same, znane Ci już czynności przygotowawcze, jak szlifowanie, polerowanie, odtłuszczanie i trawienie.

Przedmiot pokryty srebrem opłucz dokładnie wodą.

Wygląd przedmiotu posrebrzonego będzie dla Ciebie zaskoczeniem. Bowiem galwanicznie nałożone powłoki srebra były mlecznomatowe, a nakładane z Twojego typu kąpieli, odznaczają się lekko żółtawym odcieniem, chociaż są również mlecznomatowe.

Nie wiem czy wszystkim, ale mnie osobiście właśnie takie matowomleczne powłoki bardziej się podobają.

Jeżeli jednak pragniesz nadać im połysk, to trzyj powierzchnię powłoki srebra filcem, na który nałóż cienką warstwę pasty do zębów.

Po skończonej pracy przelej kąpiel do butelki ze szkła ciemnego lub owiniętej (tylko naprawdę szczelnie) czarnym papierem, zakorkuj butelkę starannie i schowaj w zaciemnionym miejscu.

I to już jest wszystko, co chciałem Ci powiedzieć na temat srebrzenia.



O CYNIE I MROŻONYCH KWIATACH

Społkania z cyną

Niejednokrotnie na pewno zetknąłeś się w życiu codziennym z końcówkami części elektrotechnicznych, a zwłaszcza radiotechnicznych, i zauważyłeś, że końcówki wszelkiego rodzaju oporników, kondensatorów, cewek, złącz, przełączników itp. elementów, są pokryte jakąś lśniącą powłoką. Weź, proszę scyzoryk lub żyletkę i spróbuj zarysować taką końcówkę. Prawda, że powłoka jest miękka, nawet bardzo miękka? Daje się scyzorykiem strugać niczym kora na patyku.

Nie ma się zresztą czemu dziwić. Ta jasna, lśniąca powłoka powstała przecież z cyny. A jak wiesz, metal ten, a zwłaszcza jego stopy z ołowiem są szeroko stosowane jako tzw. luty do trwałego i pewnego łączenia wszelkich podzespołów radio- i teletechnicznych. Właśnie pokrycie cyną końcówek oporni-

ków lub kondensatorów umożliwia ich szybkie wlutowywanie w dany obwód lub urządzenie.

Jeden rzut oka na jakąkolwiek metalową puszkę od konserw pozwoli Ci znowu napotkać cynę. Pokryta cyną blacha stalowa, zwana powszechnie blachą białą, jest na całym świecie stosowana do wyrobu puszek konserwowych.

Widzę jednak, że kiwasz głową z niedowierzaniem i jednocześnie obracasz w ręku niezdecydowanie puszkę po koncentracie pomidorowym. Rozumiem już o co Ci chodzi. Oto z zewnątrz puszka jest jasna, lśniąca, czyli wygląd jej przypomina wygląd cynowanych końcówek. Natomiast wnętrze blaszanki jest barwy żółtozłotej, a więc nie może być to powłoka cynowa.

Zapewniam Cię, że kolor ten niczemu nie przeszkadza. Po prostu wnętrze puszki zostało pokryte dodatkowo warstewką specjalnego lakieru odpornego na kwaśny odczyn koncentratu pomidorowego.



Uważne oględziny bocznej powierzchni blaszanki pozwolą Ci wykryć lutowane cyną złącze blachy.

Jak więc widzisz z tych kilku przykładów, cyna znajduje się niemal stale w Twoim otoczeniu.

Będziemy teraz zajmować się pokrywaniem cyną. Nie obawiaj się jednak, nie mam zamiaru Cię namawiać do cynowania stalowej blachy na puszki, ale umiejętność pokrycia tym metalem różnych drobiazgów elektrotechnicznych przyda się na pewno. Warto również wiedzieć, czym i jak przeprowadzić cynowanie drobnych śrubek, nakrętek, podkładek, haczyków, zameczków itp. drobiazgów. Pokryte cyną przedmioty stalowe, miedziane czy mosiężne są estetyczne, jasne i długo opierają się atakom korozji.



To jeszcze nie wszystkie korzyści z umiejętności wypływających z opanowania sztuki cynowania. Umożliwi Ci ona również wytwarzanie specjalnych, pięknych powłok o nadzwyczaj efektownych walorach dekoracyjnych. Powłoki takie, zwane krystalitowymi, nadają się świetnie na lampy, żyrandole, ramki, tace i tym podobne przedmioty.

Nie wybiegajmy jednak na razie tak daleko.

Na początek bezprądowo

Lojalnie Cię uprzedzam, że galwaniczne cynowanie jest już procesem bardziej złożonym, a więc trudniejszym niż dotychczas poznane miedziowanie czy niklowanie. Dlatego też proponuję Ci rozpocząć od stosunkowo łatwiejszego cynowania bezprądowego.

Ciekawy jesteś zapewne, jakie to metale da się bezpośrednio cynować?

Praktycznie wszystkie najpospolitsze, to znaczy stal, miedź i mosiądz.

Przedmioty przeznaczone do cynowania muszą być bardzo dokładnie przygotowane. A więc trzeba je oszlifować, wypolerować, odtłuścić, wytrawić i opłukać.

Oczywiście szlifowanie i polerowanie bywa zbędne, jeżeli przedmioty przeznaczone do cynowania są gładkie i błyszczące. Oba te zabiegi można też pominąć, gdy nie zależy Ci na wyglądzie powłoki. Nie popieram jednak takiego lenistwa. Zresztą zemści się ono na Tobie i to stosunkowo prędko. Przecież, jak dobrze już o tym wiesz, odporność metali na korozję w dużej mierze zależy od chropowatości ich powierzchni. Im powierzchnia jest gładsza, o mniejszej ilości rys, wżerów, zadrapań, tym dłużej i skuteczniej będzie się opierała atakom korozji.

Ta sama zasada dotyczy również powierzchni pokrytych powłokami. Osobiście uważam, że pokrywanie powłokami przed-

miotów bardzo chropowatych jest marnotrawstwem czasu, odczynników i energii elektrycznej.

Cynowanie bezprądowe polega na zanurzeniu w odpowiednim roztworze pokrywanych części na okres 0,5—2 godzin. Roztwór musi być ogrzewany (najlepiej na łaźni wodnej) do temperatury 70—90°C, część pokrywana zaś — często poruszana.

Cynowanie stali

Musisz sporządzić kąpiel o składzie:

chlorek cynawy $SnCl_2 \cdot 2H_2O$	1,5	g,
siarczan cynawy $SnSO_4 \cdot 10H_2O$ [1]	16	g,
woda do objętości	100	ml.

Kąpiel tę ogrzewasz do temperatury 95°C po czym w koszyczku z cienkiego drutu stalowego zanurzasz przeznaczone do cynowania przedmioty.

Dla ułatwienia osadzania się cyny do koszyczka z przedmiotami stalowymi musisz dodać 2—3 małe kawałeczki blachy cynkowej. Cynowanie trwa 15 minut. W tym czasie musisz temperaturę utrzymywać na poziomie prawie 95°C oraz często potrząsać koszyczkiem z pokrywanymi częściami.

Cynowanie mosiądzu

Tym razem kąpiel ma skład następujący:

chlorek cynawy $SnCl_2 \cdot 2H_2O$	2,5	g,
kwaśny winian potasu, $KHC_4H_4O_2$	1	g,
woda do objętości	100	ml.

Kąpiel ogrzej do temperatury 85°C i zanurz w niej przedmioty zawieszone na nitkach. Czas cynowania wynosi 45 minut.

---

[1] W jaki sposób otrzymać $SnSO_4 \cdot 10H_2O$ p. str. 95—97.

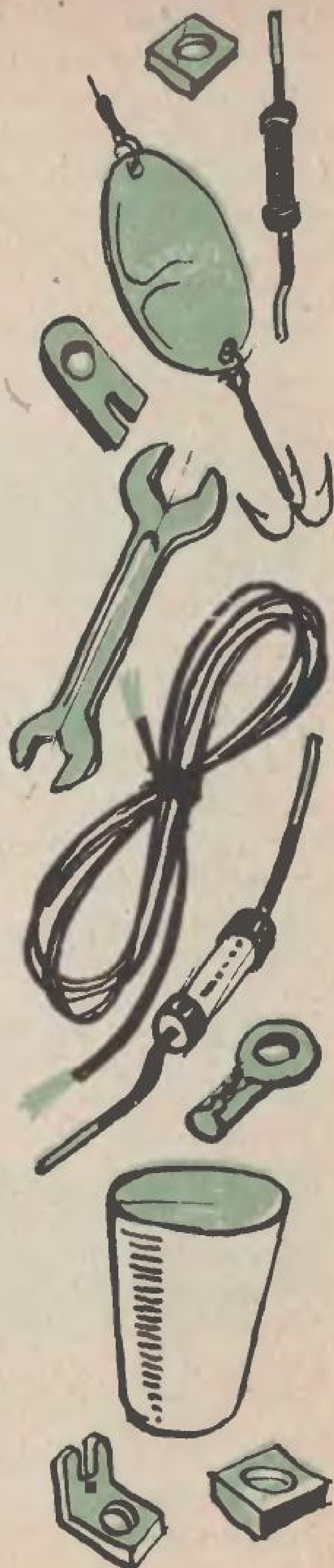
Cynowanie miedzi

Sporządź roztwór o składzie:

chlorek cynawy $SnCl_2 \cdot 2H_2O$	3 g,
wodorotlenek sodu NaOH	6 g,
woda do objętości	100 ml.

Gdy temperatura osiągnie już 90°C, przeznaczone do cynowania przedmioty miedziane wsyp do koszyczka z tworzywa sztucznego, dodaj 2—3 kawałeczki cyny i zawieś w roztworze. Cynowanie trwa półtorej godziny. W tym czasie potrząsaj często koszyczkiem z częściami oraz uważaj, aby temperatura wynosiła około 90°C.

Przedmioty po cynowaniu musisz dokładnie opłukać najpierw gorącą, a następnie zimną wodą i wysuszyć.



Cynowanie z prądem

Istnieją dwa rodzaje kąpieli do galwanicznego cynowania. Są to kąpiele kwaśne i alkaliczne. Ostatecznie sam odczyn kąpieli nie byłby taki ważny, gdyby za tym się nie kryły poważne konsekwencje.

Kąpiele kwaśne są stosunkowo proste do sporządzania, praca z nimi jest łatwa, ale niestety nadają się one jedynie do pokrywania przedmiotów płaskich. Podstawową wadą kwaśnej kąpieli do cynowania jest jej mała wgłębność, czyli zdolność pokrywania wszelkich zagłębień. I tak np. gdybyś w takiej kąpieli pokrywał miedziany czy stalo-

wy kubek, to na jego zewnętrznych powierzchniach osadziłaby się gruba powłoka cyny, powierzchnia wewnątrz zaś byłaby wręcz „łysa", bez powłoki.

Od wady tej wolne są kąpiele alkaliczne. Odznaczają się one doskonałą wgłębnością, ale za to są trudne do sporządzenia i niedogodne w pracy. No cóż, jak jeszcze raz możesz się przekonać, niczego na świecie nie ma za darmo i każde udogodnienie musi być opłacone jakimś trudem.

Wobec tego zapoznam Cię najpierw z kąpielami kwaśnymi.

Podstawowym składnikiem kąpieli kwaśnej jest siarczan cynawy $SnSO_4$. Ponieważ związek ten jest nietrwały, nie można go kupić, musisz więc go otrzymać własnoręcznie.

Istnieją dwie metody otrzymywania siarczanu cynawego — chemiczna i elektrolityczna.

Metoda chemiczna polega na wyparciu miedzi przez cynę z roztworu soli miedziowych.

W 950 ml gorącej wody rozpuścić 60 g siarczanu miedziowego $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, roztwór ten przesącz i zakwaś 50 ml 10-procentowego H_2SO_4. Po ogrzaniu całości do temperatury 80°C dodaj małymi porcjami, energicznie mieszając, 35 g jak najdrobniej zgranulowanej cyny. W tym celu stopioną cynę wylejesz przez gęste sito do wody.

Dzięki zachodzącej reakcji

$$CuSO_4 + Sn \rightarrow Cu\downarrow + SnSO_4$$







na dnie naczynia zbierze się wytrącony osad metalicznej miedzi, cyna zaś przejdzie do roztworu. Początkowo niebieski roztwór $CuSO_4$ powinien się całkowicie odbarwić.

Aby się upewnić, czy cała miedź z roztworu została już usunięta, weź małą próbkę cieczy, 2—3 ml i dodaj do niej wodorotlenku amonu NH_4OH. Jeżeli pobrana próbka zawierała jeszcze miedź, zabarwi się natychmiast na ciemnoniebiesko. Skoro jednak po dodaniu wodorotlenku amonowego próbka roztworu nie zmieni barwy, reakcja została już zakończona.

Po ochłodzeniu i odstaniu się klarowny roztwór zlej, przesącz i w celu zagęszczenia odparuj z niego 100—150 ml wody. Tak otrzymany roztwór siarczanu cynawego z kwasem siarkowym po wprowadzeniu jeszcze dodatków, takich jak siarczan sodu, klej stolarski i fenol, już może stanowić gotową kąpiel do cynowania.

Dodatek siarczanu sodu Na_2SO_4 powoduje zwiększenie przewodnictwa elektrycznego kąpieli, a tym samym ułatwia osadzanie się cyny oraz zapobiega hydrolizie $SnSO_4$.



Interesuje Cię na pewno, jaki cel ma wprowadzenie do kąpieli tak nietypowej w galwanotechnice substancji, jaką jest klej stolarski. Otóż cyna nakładana z kąpieli siarczanowej tworzy powłoki brzydkie, gruboziarniste, bez połysku. Dodanie substancji koloidalnej powoduje tworzenie się powłoki drobnoziarnistej, błyszczącej, bez narostów. Korzystne działanie kleju stolarskiego wielokrotnie potęguje obecność fenolu.

A oto druga, elektrotechniczna metoda otrzymywania $SnSO_4$.

Do 95 ml wody dodaj 5 ml stężonego kwasu siarkowego. W roztworze tym zawieś anody cynowe. Katodą może być kawałeczek folii cynowej lub blachy ołowianej. W chwili włączenia prądu rozpoczyna się elektrolityczne rozpuszczanie anod cynowych.

Natężenie prądu dobiera się w zależności od powierzchni folii-katody. Na 1 dm^2 powierzchni katody stosuje się natężenie prądu 1—2 A. Ażeby w Twoim elektrolicie powstało odpowiednie stężenie siarczanu cynawego, przez roztwór musisz przepuścić prąd o ładunku 3 amperogodziny (ładunek 1 kulomba C = 1 amperogodzina A · h).

Można powiedzieć jeszcze inaczej — aby w roztworze wytworzyć 50 g $SnSO_4$, trzeba zużyć ok. 20 Ah.

Podam Ci teraz skład najprostszych kąpieli do cynowania.

Kąpiel kwaśna

siarczan cynawy $SnSO_4$	5,4 g,
kwas siarkowy stężony H_2SO_4	8,0 g,
fenol	0,5 g,
klej stolarski	0,3 g,
woda do objętości	100 ml.

Odważoną porcję kleju stolarskiego zalej na noc wodą. Następnego dnia nadmiar nie wchłoniętej wody zlej, dodaj 10 ml wrzącej wody i ogrzewaj. Gdy klej się już rozpuści, wlej fenol i całość dokładnie wymieszaj. Tak otrzymany dodatek wprowadzaj, silnie mieszając, do roztworu $SnSO_4$ z H_2SO_4. Kąpiel ta pracuje w temperaturze 15—25°C przy gęstości prądu 2—2,5 A/dm^2 powlekanej powierzchni przedmiotów.

Jeżeli będziesz chciał siarczan cynawy wytwarzać metodą elektrochemiczną, to prowadź elektrolizę roztworu prądem o natężeniu 1 A przez 3 godziny bądź prądem o natężeniu 3 A przez 1 godzinę. Następnie do tego roztworu dodasz klej stolarski z fenolem i kąpiel jest już gotowa.

Kąpiel alkaliczna

Jak już wspominałem, kąpiel taka jest kłopotliwa do sporządzenia, ale za to swą doskonałą wgłębnością wynagrodzi Ci trud włożony w jej przygotowanie.

Podstawowym składnikiem alkalicznym kąpieli do cynowania jest cynian sodu $Na_2SnO_3 \cdot 3H_2O$.

Najprościej jest kąpiel sporządzać, posługując się gotowym, handlowym cynianem sodu. Ponieważ jednak nabycie tego związku nie jest sprawą prostą, podam Ci dwie metody jego przyrządzania.

Metoda chemiczna

W 150 ml wody rozpuść 50 g chlorku cynowego $SnCl_4$ (zwróć uwagę na to, że chodzi o $SnCl_4$, a nie o $SnCl_2$). Osobno w 450 ml wody rozpuść 45 g NaOH. Do naczynia z NaOH wlewaj małymi porcjami, stale mieszając, roztwór chlorku cynowego $SnCl_4$. W wyniku zachodzącej reakcji podwójnej wymiany powstaje cynian sodu

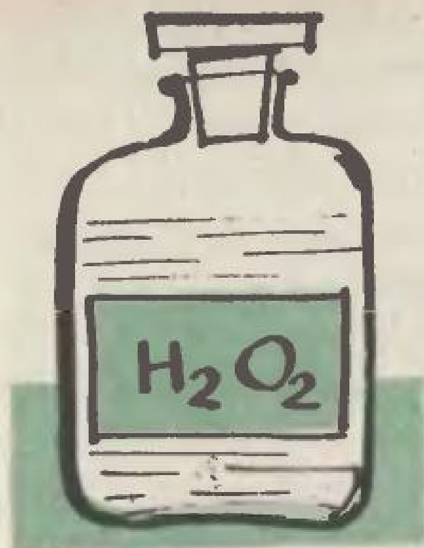


$$SnCl_4 + 6NaOH \rightarrow Na_2SnO_3 + 4NaCl + 3H_2O$$

Tak sporządzony wodny roztwór cynianu sodu z dodatkiem NaCl stanowi już gotową kąpiel do cynowania. Niestety, kąpiel ta wymaga ogrzewania. Najodpowiedniejsza temperatura pracy wynosi 75°, gęstość prądu zaś powinna się zawierać w granicach 0,3—1,5 A/dm^2.

Metoda elektrochemiczna

Zlewkę napełnij 1 l 1,5-procentowego wodnego roztworu NaOH. Ogrzej roztwór do temperatury 70°C, powieś paski folii cynowej o powierzchni 1,5 dm^2, na przeciwległej zaś ściance zlewki zawieś paski blachy stalowej. Cyna będzie stanowić anodę, stalowa blacha zaś — katodę. Włącz prąd i jego natężenie ureguluj na 2,5 A.



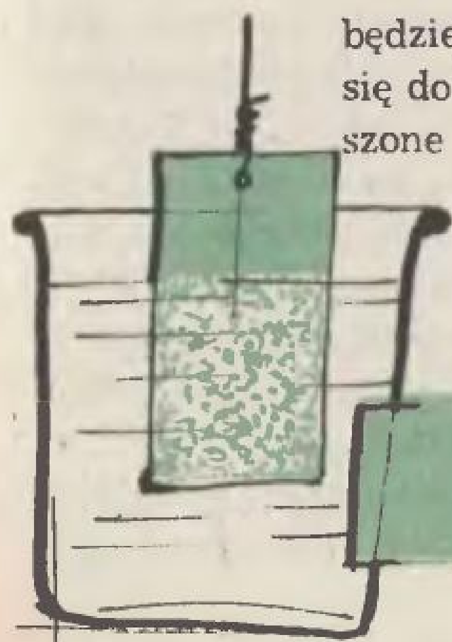
Elektrolityczne rozpuszczanie cyny musi trwać co najmniej 6 godzin, przy czym co godzinę musisz dodawać po 6 g stężonego roztworu NaOH. Po zakończeniu elektroroztwarzania do roztworu dodaj 15 g octanu sodu CH_3COONa.

Ostatni wreszcie zabieg, to utlenianie kationów Sn^{2+} do Sn^{4+}. Otóż podczas roztwarzania się cyny oprócz potrzebnych nam kationów Sn^{4+} powstaje pewna ilość szkodliwych dla kąpieli kationów Sn^{2+}. Aby się ich pozbyć, na 1 litr roztworu dodaj 15 ml 3-procentowej wody utlenionej i całość dokładnie wymieszaj. Pod wpływem działania wody utlenionej kationy cynawe Sn^{2+} przechodzą w cynowe Sn^{4+}. Temperatura pracy alkalicznej kąpieli wynosi 70—85°C, gęstość prądu zaś — od 0,7 do 7 A/dm².

Obtapianie

Jeżeli zależy Ci na tym, aby wytworzona powłoka była gładka i lśniąca, musisz ją poddać operacji zwanej obtapianiem. Zabieg ten polega na odpowiednim ogrzaniu pocynowanych (ale wyłącznie galwanicznie) przedmiotów. Powłoka ulega wówczas nadtopieniu i zyskuje przez to gładkość i połysk. W technice obtapianie powłok cynowych przeprowadza się w oleju palmowym.

Do Twoich celów najzupełniej wystarczający będzie łój bądź nafta. Łój lub naftę ogrzewa się do temperatury 246—254°C i zanurza zawieszone na drucie pocynowane przedmioty. Mu-



szą one przebywać w tej temperaturze 5—10 sekund, po czym je wyjmujesz, chłodzisz i myjesz, np. benzyną. Z gorącym łojem lub naftą nie może być żartów. Proszę więc zachowaj odpowiednią ostrożność.

Przy tej czynności uprzedzam Cię stanowczo przed dokonywaniem racjonalizacji. Ja wiem, że Tobie takie ogrzewanie w łoju lub nafcie wydaje się wręcz śmieszne. Przecież o wiele prościej — myślisz sobie — ogrzeję pocynowany przedmiot np. nad kuchenką lub płomieniem gazowym.

Tak postępować nie wolno. Warunkiem prawidłowego obtapiania powłoki jest zapewnienie temperatury 246—254°C. Uzyskasz to tylko, stosując odpowiednią kąpiel. Wszelkie ogrzewanie bezpośrednie w ogóle nie może być brane pod uwagę, gdyż nie da właściwego wyniku. Pomijając już trudności związane z utrzymaniem temperatury w tak wąskich granicach, ogrzewanie bezpośrednie powoduje utlenianie powierzchni cyny.

Krystalit — mrożone kwiaty

Po tak zwanych lakierach młotkowych, a potem modzie na eloksalację, dużą popularność zdobyły powłoki krystalitowe. Obudowy budzików, przyrządów pomiarowych, tablice czołowe aparatów, sprzęt oświetleniowy oraz wiele drobiazgów galanteryjnych i artykułów gospodarstwa domowego pokrywana jest obecnie krystalitem. Chociaż nazwa ta jest Ci może znana tylko ze słyszenia, to jednak z tymi ładnymi i efektownymi pokryciami zetknąłeś się już i to nie raz.

Jeżeli ciągle jeszcze nie wiesz, o jakie to powłoki chodzi, pomogę Ci pewnym porównaniem. Przypomnij sobie szybę okienną pokrytą zimą pięknymi deseniami tzw. kwiatów lodowych. Właśnie tak wyglądają powierzchnie metali pokryte krystalitem. Jednak porównanie takie jest bardzo krzywdzące dla krystalitu. Kwiaty lodowe bowiem na szybach są zawsze jednobarwne, białe, gdy tymczasem powłokom kry-



stalitowym można nadawać dowolny kolor. I na tym jeszcze nie koniec. Kwiaty lodowe na szybach tworzą się co prawda same, ale za to nie masz najmniejszego wpływu na ich deseń, wielkość, kształt i inne cechy. Z powłokami krystalitowymi jest odwrotnie — tu wielkość i deseń jest taki, jak Ty sobie wybierzesz. Możliwość zmiany deseniu, regulowanie wielkości kwiatów i ich barwy, wszystko to razem pozwala na wytwarzanie naprawdę pięknych i wysoce estetycznych pokryć, jeżeli oczywiście opanujesz należycie samą technikę wytwarzania krystalitu.



Powtórzmy jeszcze pytanie, co nazywamy krystalitem?

Cienką powłokę cynową, w której w sposób sztuczny została uwydatniona jej struktura krystaliczna.

Cyna, podobnie jak i woda, krzepnąc w odpowiednich warunkach wytwarza krystaliczną powierzchnię o charakterystycznym, pięknym deseniu. Proces wytwarzania krystalitu prowadzi się tak, aby otrzymać wymaganej wielkości kryształy ułożone w wyraźnie wybrany przez nas deseń.

Poza jego bezspornymi walorami estetycznymi, wielką zaletą krystalitu jest prostota i szybkość przygotowania powierzchni. W przeciwieństwie bowiem do powłok galwanicznych oraz większości powłok lakierowych nie wymagają one żmudnego i pracochłonnego szlifowania, a co najważniejsze — polerowania. Jak wiesz już z doświadczenia, powłoki chromu, niklu, miedzi lub srebra tylko wtedy są ładne, gdy podłoże zostanie uprzednio wypolerowane dosłownie jak lustro.

Niestety w warunkach amatorskich, a zwłaszcza gdy pokrywany przedmiot ma skomplikowany kształt, dokładne wypolerowanie jest bardzo trudne. Tymczasem pokrywanie krystalitem nie wymaga w ogóle polerowania. Owo wyeliminowanie najbardziej pracochłonnej czynności nadaje procesowi wytwarzania powłok krystalitowych cechy nowoczesności.

Zachodzi tylko pytanie, czy jednak wytwarzanie powłok krystalitowych jest możliwe w naszych, amatorskich warunkach? Tak, tak i jeszcze raz tak; dlatego opanowanie techniki krystalitowej daje nieocenione usługi modelarzom oraz wszelkiego rodzaju majsterkowiczom.

Zasady procesu

W ogólnym zarysie technika krystalitowa wygląda następująco: metalowe przedmioty po odpowiedniej obróbce wstępnej pokrywasz bardzo cienko (grubość ok. 3—5 μm), elektrolitycznie cyną. Następnie przedmiot ogrzewasz do takiej temperatury, aby warstewka cyny uległa stopieniu (temp. 300—400°C). Podczas stygnięcia cyna krzepnie, tworząc piękne krystalitowe wzory.

W zależności od szybkości chłodzenia oraz rodzaju metalu podłoża powstają małe lub duże kryształy ułożone w odpowiednie desenie. Dotykając zimnym metalowym przedmiotem krzepnącej powłoki cyny, możesz dodatkowo „tworzyć" kwiaty o odpowiedniej wielkości.

Aby otrzymany deseń jeszcze uwydatnić, po ochłodzeniu prowadzi się tzw. wywoływanie kryształów, a następnie ewentualnie ich barwienie. Tak otrzymana powłoka jest już w zasadzie gotowa. W celu nadania jej odporności mechanicznej (cyna jest przecież bardzo miękka) pokrywa się ją zwykle bezbarwnym lakierem nitro, olejnym lub spirytusowym.

Chwilę musimy się zatrzymać nad omówieniem wpływu rodzaju podłoża.

Powłoki krystalitowe możesz wytwarzać na stali, miedzi, niklu, mosiądzu, cynku i chromie.

Wielkość kryształów cyny zależy przede wszystkim od rodzaju metalu podłoża. Ma to bezpośredni związek z przewodnictwem cieplnym i elektrycznym metali oraz ze zjawiskami termoelektrycznymi, zachodzącymi na granicy między powłoką cynową a podłożem. Metale o większym przewodnictwie cieplnym i elektrycznym, jak np. miedź, tworzą kryształy mniejsze. Małe przewodnictwo cieplne metalu podłoża, jak np. niklu, wpływa na przedłużenie czasu chłodzenia, a więc i zestalania stopionej cyny. W związku z tym powstaje mniej zarodków kryształów, dzięki czemu kryształy są większe.

W zestawieniu przytoczonym poniżej podaję Ci rodzaj kryształów pokrycia krystalitowego w zależności od metalu podłoża.

Metal podłoża lub podwarstwy	Rodzaj powstających kryształów
srebro	bardzo drobne
miedź	bardzo drobne
złoto	bardzo drobne
cynk	drobne
nikiel	średnie
żelazo	grube
chrom	bardzo grube

Po zapoznaniu się z tym zestawieniem łatwo wyciągnąć wniosek, że wielkość kryształów możemy dowolnie regulować, dobierając odpowiedni metal podłoża. Oczywiście na to, aby otrzymać np. kryształy bardzo małe, przedmiotu nie musisz wykonywać z miedzi. Zupełnie wystarczy przedmiot stalowy po prostu galwanicznie pomiedziować. Podobnie, gdy chcesz wytworzyć kryształy większe, stal pokryj galwanicznie niklem itd.

W zasadzie bezpośrednio na stali możesz wytwarzać powłoki krystalitowe, jednak praktycznie nieuniknione jest wówczas tworzenie się mniejszych lub większych kropelek cyny, które są nie do usunięcia i które wyraźnie szpecą powłokę. Dlatego też, aby uzyskać dobre wyniki, przedmioty stalowe poddaje się galwanicznemu niklowaniu lub miedziowaniu zależnie od tego, jakiej wielkości pragniemy otrzymać kryształy.

Taka podwarstwa miedzi lub niklu powinna mieć grubość 4—6 μm, czyli w przeciętnych warunkach należy ją nakładać około 30 minut.

Przejdę teraz do omówienia kolejnych czynności podczas wytwarzania powłok krystalitowych.

Przygotowanie powierzchni

Przedmioty metalowe musisz oczyścić pilnikiem lub papierem ściernym z rdzy i grubej warstwy tlenków (po spawaniu i walcowaniu). Szlifowanie i polerowanie, jak już wspomnia-

łem, jest zbędne, wytworzony bowiem następnie wzór krystaliczny, w przeciwieństwie do powłok galwanicznych, świetnie maskuje wszelkie wady powierzchni, takie jak rysy lub drobne wżery.

Odtłuszczanie chemiczne

Przedmioty metalowe przemyj dokładnie tamponem waty obficie nasyconym acetonem, a następnie bardzo starannie nacieraj przez 10 minut papką z wapna gaszonego. Użyte do tego celu wapno powinno być świeżo gaszone. Odtłuszczane przedmioty trzymaj zamocowane na drucie miedzianym lub mosiężnym i przecieraj papką wapna gaszonego za pomocą nie-



MASKOWANIE

wielkiej szczoteczki, najlepiej miękkiej szczoteczki do zębów. Następnie wapno spłucz strumieniem zimnej, a potem gorącej wody. Resztki wapna muszą być dokładnie i całkowicie usunięte. Należyte odtłuszczenie poznasz po tym, że przedmiot jest całkowicie przez wodę zwilżony.

Uwaga: Przypominam, że odtłuszczonych już przedmiotów nie wolno Ci dotykać rękami.

Odtłuszczanie elektrolityczne

Przedmioty odtłuszczone wstępnie acetonem i wapnem gaszonym zawieś jako katody w roztworze o następującym składzie:

wodorotlenek sodu $NaOH$	70 g,
węglan sodu obojętny Na_2CO_3	40 g,
fosforan trójsodowy Na_3PO_4	40 g,
szkło wodne sodowe Na_2SiO_3	10 ml,
woda do objętości	1 l.

Temperatura tej kąpieli odtłuszczającej musi wynosić 90°C, gęstość prądu 5—8 A dm^2 powierzchni odtłuszczanego przedmiotu, a anodami są zwykłe blachy stalowe.



OCZYSZCZANIE

Odtłuszczanie elektrolityczne trwa 5—10 minut. Wydzielający się na katodzie, czyli na obrabianym przedmiocie, wodór rozrywa warstewkę tłuszczu i ułatwia jej zemulgowanie bądź zmydlenie. Po zakończonym odtłuszczaniu przedmioty starannie płuczesz w zimnej, a następnie w gorącej wodzie.

Trawienie

Zadaniem tego procesu jest usunięcie z powierzchni przedmiotów niewidocznej dla oka warstewki tlenków, która uniemożliwia dobrą przyczepność cyny do metalu podłoża.

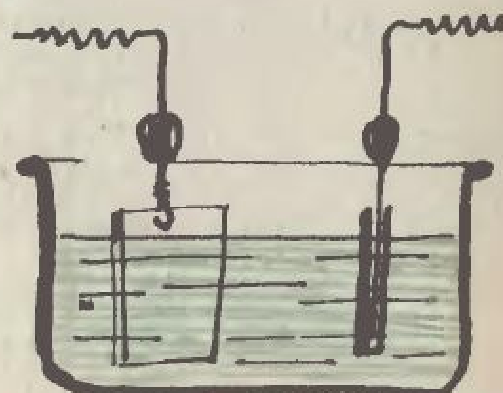


ODTŁUSZCZANIE WSTĘPNE

Stal i żeliwo należy trawić w roztworze o składzie:

kwas solny stężony	50 ml,
woda	50 ml.

Czas trawienia w temperaturze pokojowej wynosi przeciętnie 2—5 minut, przy czym koniec trawienia określasz wizualnie. Trawiony metal nie powinien zawierać na powierzchni plam, łuszczących się warstw ani żadnego nalotu.



ODTŁUSZCZANIE ELEKTROLITYCZNE

Nie obawiaj się zbyt długiego trawienia w kwasie, ponieważ jak już wiesz, gładkość powierzchni nie ma istotnego wpływu na jakość powłoki krystalitowej. W związku z tym zaleca się raczej przetrawienie niż niedotrawienie i pozostawienie powierzchni za-

nieczyszczonej tlenkami, które nie pozwolą na dobre związanie się cyny z podłożem.

Miedź i mosiądz traw w roztworze o składzie:

kwas azotowy stężony HNO_3	50 ml,
woda	75 ml.

Przy trawieniu miedzi i mosiądzu musisz przestrzegać tych samych zasad co i przy trawieniu stali.

Niklowanie

Przy wytwarzaniu powłok krystalicznych na stali, ważne znaczenie ma podwarstwa niklu, bo sprzyja ona tworzeniu się kryształów średniej wielkości, które ze względów estetycznych są najbardziej pożądane. Podwarstwa ta ułatwia również stapianie osadzonej na niej powłoki cynowej bez powstawania nacieków cyny i powoduje zwiększenie odporności różnych elementów na korozję.

Do niklowania pod krystalit radzę zastosować najprostszą kąpiel zapewniającą otrzymanie powłok metalowych. Kąpiel taka co prawda jest mało sprawna, ale za to bardzo prosta, trwała i nie wymaga ciągłego mieszania ani filtrowania.

Kąpiel taka ma skład następujący:

siarczan niklawy $NiSO_4 \cdot 7H_2O$	180 g,
siarczan sodu $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$	120 g,
chlorek sodu NaCl	5 g,
kwas borowy N_3BO_3	20 g,
woda do objętości	1 l.

W 200 ml gorącej wody rozpuść kwas borowy. Osobno w 500 ml gorącej wody rozpuść pozostałe składniki. Następnie oba roztwory zmieszaj, uzupełnij gorącą wodą do objętości 1 litra i całość na gorąco przesącz.

Kąpiel ta pracuje w temperaturze pokojowej przy gęstości prądu 0,3—1 A/dm^2 pokrywanej powierzchni. Po 30 minutach pokrywania powinieneś otrzymać powłokę o grubości 4—6 µm, która jest już wystarczającą podwarstwą pod cynę.

Po skończonym niklowaniu przedmiot opłucz dokładnie zimną wodą i od razu, nie dotykając palcami, przenieś do kąpieli cynującej. (Wadliwie nałożone powłoki niklowe najprościej jest usunąć w mieszaninie 25 ml kwasu azotowego i 50 ml kwasu siarkowego.)

Miedziowanie

Jeżeli decydujesz się otrzymać kryształy krystalitowe małe, musisz uzyskać podwarstwę miedzi.

W Twoich amatorskich warunkach proces ten sprawia pewne trudności. Mianowicie, jak już mówiłem, stal można miedziować bezpośrednio jedynie z kąpieli cyjankowej alkalicznej. Ponieważ kąpiele takie ze względu na wielką toksyczność cyjanków nie mogą być brane w Twoich warunkach w ogóle pod uwagę, trzeba się uciec do pewnego wybiegu. Wybiegiem tym jest poprzednie bardzo cienkie poniklowanie stali. Na tak pokrytą stal możesz już nakładać powłoki miedziane o dowolnej grubości z prostej i nietoksycznej kąpieli kwaśnej. Niklowanie podkładowe trwa 8—10 minut.

Skład odpowiedniej kwaśnej kąpieli miedziowej do nakładania powłok krystalicznych jest następujący:

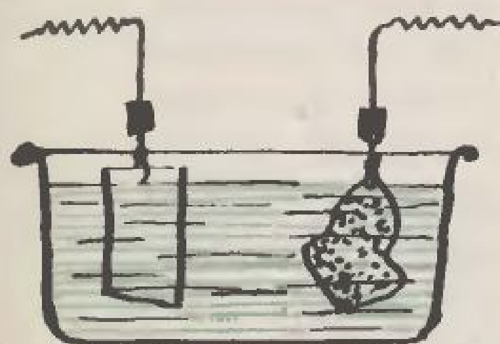
siarczan miedziowy $CuSO_4 \cdot 5H_2O$	200 g,
kwas siarkowy stężony H_2SO_4	35 ml,
woda do objętości	1 l.

W 600 ml gorącej wody rozpuść siarczan miedziowy, roztwór na gorąco przesącz, dodaj stężony kwas siarkowy, po czym uzupełnij wodą do objętości 1 litra.

Kąpiel ta pracuje w temperaturze pokojowej przy gęstości prądu 1—3 A/dm^2 powierzchni pokrywanego przedmiotu. Czas nakładania powłoki miedzianej przy gęstości prądu 1 A wynosi 40 minut, przy gęstości prądu 2 A/dm^2 — tylko 25—30 minut. Pracując w tych warunkach, otrzymasz powłoki miedziane o grubości 8—10 um. Powłoka o tej grubości jest najodpowiedniejsza pod krystalit.



TRAWIENIE



CYNOWANIE



OBTAPIANIE

Przedmioty pomiedziowane opłucz dokładnie zimną wodą i natychmiast zawieś w kąpieli do cynowania.

Cynowanie

Zabieg ten decyduje o wyglądzie przyszłego pokrycia krystalitowego. Aby więc pokrycie to było ładne, przedmiot musisz pocynować galwanicznie, bardzo równomiernie i przy tym niezbyt cienko, lecz jednocześnie i nie za grubo. Zbyt gruba warstwa jest przyczyną tworzenia się podczas stapiania kropel cyny, natomiast cienka warstwa w czasie stapiania utlenia się, wskutek czego powstają ciemne plamy, na których nie tworzy się wzór krystalitowy. Tylko równomierna powłoka o grubości 2—3 μm, stapia się, nie tworząc kropli i nie utlenia się w czasie stapiania. Odpowiednią grubość powłoki cynowej oblicza się z czasu nakładania i stosowanej gęstości prądu.

Ze względu na znane Ci już trudności związane z wytwarzaniem i pracą kąpieli alkalicznych ograniczę się tylko do zapoznania Cię z kąpielą kwaśną, w której możesz cynować przeznaczone pod powłoki krystalitowe przedmioty stalowe, miedziane, mosiężne oraz stalowe uprzednio miedziowane lub niklowane.

Jeżeli siarczan cynawy zamierzasz wytworzyć chemicznie, to do roztworu otrzymanego zgodnie z przepisem podanym na str. 95, musisz jeszcze dodać następujące składniki:

siarczan sodu $Na_2SO_4 \cdot 10\ H_2O$	50 g,
fenol C_6H_5OH	5 g,
klej stolarski rozpuszczony	7 g.

Warunki pracy kwaśnej kąpieli siarczanowej stosowanej do wytwarzania krystalitu, są, niezależnie od metody otrzymywania, następujące:

temperatura pokojowa,
gęstość prądu 1,5—2 A/dm^2 pokrywanej powierzchni,
czas cynowania — przy gęstości prądu 1,5 A/dm^2 — 12 minut
— przy gęstości prądu 2 A/dm^2 — 8 minut

Po cynowaniu przedmioty opłucz starannie, najpierw w zimnej, a następnie w gorącej wodzie i wysusz.

Zabezpieczanie topnikiem

Zabieg ten, polegający na zwilżaniu pocynowanego przedmiotu roztworem topnika, ma chronić przed utlenianiem warstewkę cyny podczas stapiania oraz nadać jej połysk.

Sporządź roztwór o składzie:

chlorek cynkowy $ZnCl_2$	37 g,
chlorek amonu NH_4Cl	12 g,
woda do objętości	1 l.

Tamponem z waty umoczonym w tym roztworze zwilż pocynowane przedmioty bezpośrednio przed umieszczeniem ich w piecu.

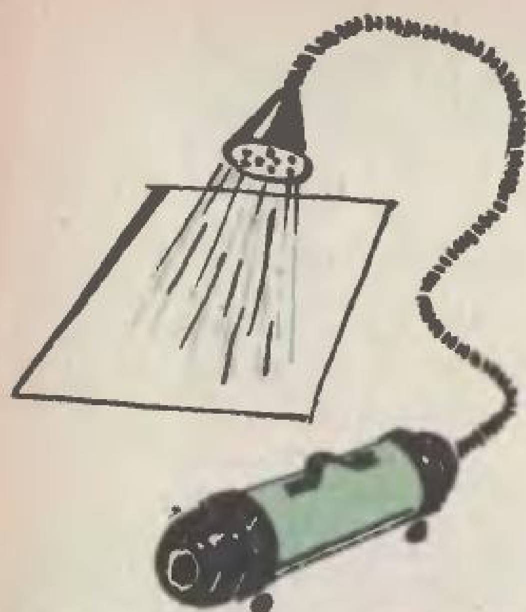
Stapianie cyny

Pomimo że temperatura topnienia cyny wynosi tylko 232°C, to jednak proces stapiania warstewki tego metalu musisz przeprowadzić w temperaturze wyższej, 300—360°C, aby przedłużyć czas stygnięcia, a tym samym i krystalizacji cyny. Czas stapiania zależy od masy samego przedmiotu (jego pojemności cieplnej) i wynosi 2 do 15 minut.

Musisz jednak pamiętać, że w żadnym przypadku nie można przedmiotów przetrzymywać zbyt długo w piecu, w temperaturze stapiania, bowiem cyna pomimo stosowania topnika utlenia się i powierzchnia uzyskuje z początku słomkowożółty, a potem fioletowy odcień oraz traci połysk. Na takiej powierzchni nie udaje się już wytworzyć kryształów cyny. Jeżeli natomiast powłoka cynowa nie ulegnie w piecu całkowitemu

stopieniu, wówczas na powierzchni pozostają białe plamy i w tych miejscach nie tworzą się kryształy w czasie wywoływania.

Zwilżone roztworem topnika przedmioty umieść szybko w nagrzanym już piecu (np. piekarniku gazowym) i przez szczelinę obserwuj wygląd powłoki. Z chwilą stopienia się powłoki cynowej przedmioty nabierają srebrzystego połysku. Od tego momentu przedmiot ogrzewaj jeszcze 1—2 minuty, potem szybko wyjmuj go z pieca.



CHŁODZENIE

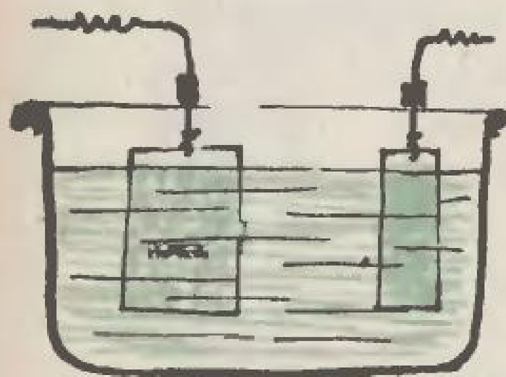
Chłodzenie

Ten zabieg jest w zasadzie bardzo prosty, gdyż przebiega samorzutnie, ale zarazem daje Ci pole do popisu. Od czasu i sposobu stygnięcia zależy bowiem wielkość i kształt wzorów krystalitu.



TRAWIENIE

Na przykład do wyjętych z pieca przedmiotów możesz przykładać zimny, metalowy pręt. Wówczas miejsce to stanie się ośrodkiem, z którego promieniście zaczną rozchodzić się smugi „kwiatów". Inny z kolei sposób kształtowania deseni polega na dmuchaniu przez cienką rurkę na powierzchnię krzepnącej cyny. Wodząc rurką nad powierzchnią możesz wprost rysować desenie.



WYWOŁYWANIE

Wytworzony podczas krystalizacji wzór krystalitu jest jeszcze mało widoczny, trzeba go więc „wywołać". Proces wywoływania musi jednak poprzedzić ostrożne trawienie.

Trawienie

Ostudzone już do temperatury pokojowej przedmioty zanurz na 1—2 minuty w roztworze zawierającym 500 ml wody

i 30 ml stężonego kwasu solnego. Po wytrawieniu przedmioty starannie opłucz w zimnej wodzie i bezpośrednio przenieś do kąpieli wywołującej.

W y w o ł y w a n i e

Zabieg ten przeprowadza się w celu uwypuklenia rysunku kwiatów i nadania całemu rysunkowi większej plastyczności i wyrazistości.

Wywoływanie kryształów można przeprowadzić chemicznie, elektrotechnicznie lub galwanicznie.

Wywoływanie chemiczne

Przedmioty zawieś na 8—10 minut w 5-procentowym roztworze kwasu solnego. Zabieg ten jest bardzo prosty, ale niestety nie daje zbyt dobrych wyników.

Wywoływanie elektrochemiczne

Przedmioty zawieś jako anody w 10-procentowym kwasie solnym i przepuszczaj prąd o gęstości 0,5—0,6 A/dm². Takie rozpuszczanie anodowe trwa 2—3 sekundy.

Wywoływanie galwaniczne

Ten rodzaj wywoływania daje najlepsze wyniki. Przedmioty zawiesza się jako katody w kąpieli, która już poprzednio służyła Ci do cynowania. Podczas wywoływania stosuj jednak bardzo małą gęstość prądu, rzędu 0,1—0,4 A/dm², i czas od 6 do 20 minut.

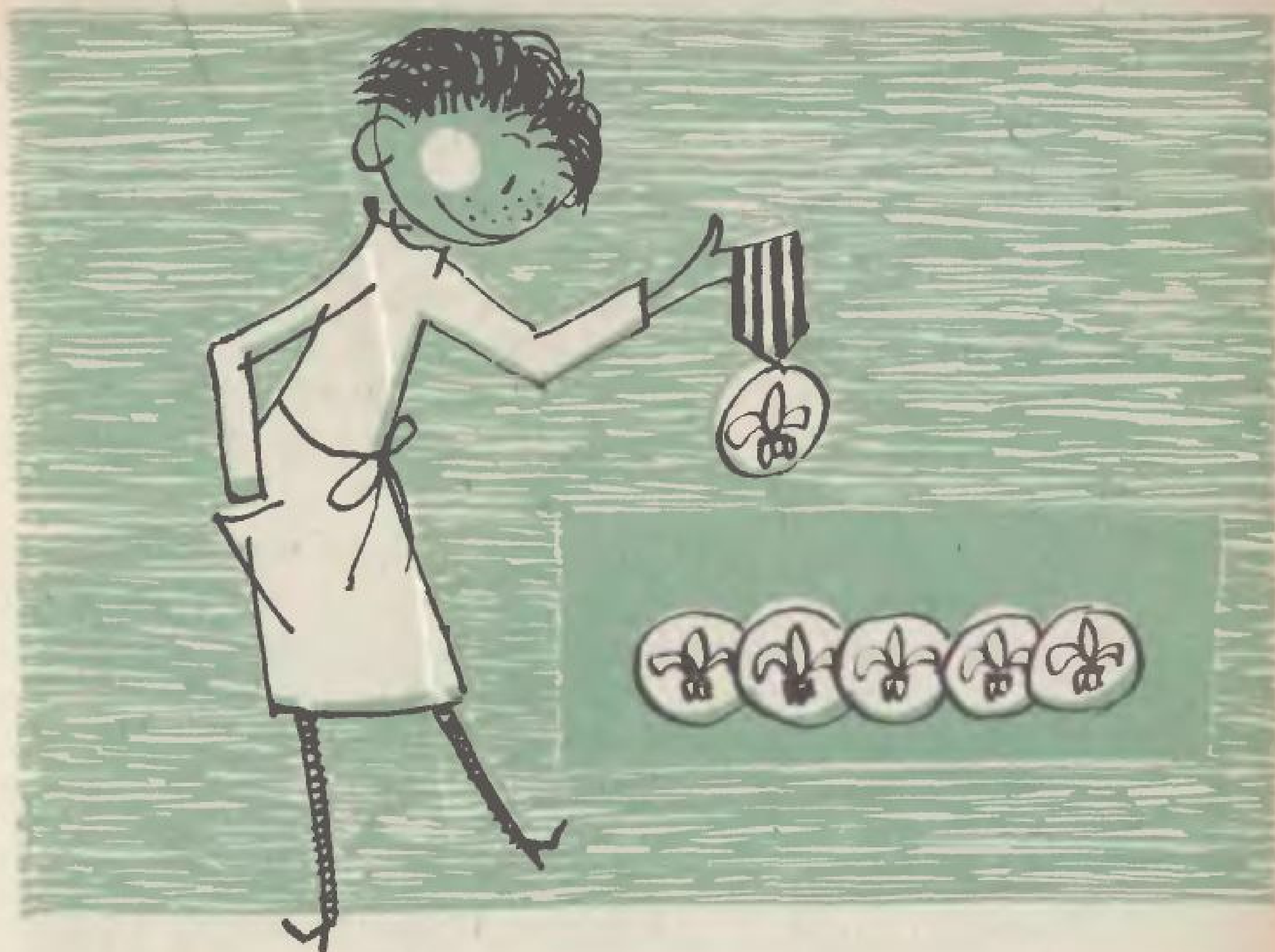
Zależność czasu i gęstości prądu jest następująca:

gęstość prądu A/dm²	czas wywoływania minuty
0,1	20
0,2	10
0,3	7
0,4	6

Najlepsze wyniki, a więc najwyraźniejsze kryształy, można wywołać przy jak najmniejszej gęstości prądu.

Po skończonym wywoływaniu przedmioty dokładnie opłucz w zimnej, a następnie gorącej wodzie. Przedmioty z wywołanymi już kryształami cyny wysusz i od razu polakieruj.

Do lakierowania możesz zastosować bezbarwne lub barwione lakiery nitro, olejne, spirytusowe lub piecowe z żywic syntetycznych. Musisz tylko pamiętać, aby użyte lakiery barwne były przezroczyste, tzw. transparentne, w przeciwnym razie pod warstwą lakieru zginie piękny deseń krystalitu.



O NAKŁADANIU W CELU ZDEJMOWANIA

Na początku tej książki wyjaśniłem Ci, na czym polega różnica pomiędzy galwanotechniką a galwanoplastyką. Teraz właśnie nadeszła pora zajęcia się wykonywaniem bardzo wiernych reprodukcji monet, medali, płaskorzeźb, a nawet liści czy piór i to właśnie metodą galwanoplastyczną.

O ile jednak przy pracach galwanotechnicznych dbamy o to, aby powłoka była jak najlepiej związana z podłożem, czyli odznaczała się dobrą przyczepnością, o tyle przy pracach galwanoplastycznych czynimy wszystko, aby nałożoną powłokę jak najłatwiej można było zdjąć. Nakładamy więc w celu późniejszego zdejmowania.

Do zakresu prac galwanoplastycznych należy również metalizowanie, czyli pokrywanie metalami takich materiałów, jak tworzywa sztuczne, szkło, wosk, gips i inne materiały modelarskie.

Z tego wynika, że dotychczas zajmowaliśmy się nakładaniem powłok galwanicznych na metale, teraz zaś przyszedł czas na wzbogacenie naszych umiejętności o nakładanie takich samych powłok, lecz nie na metale.

Widzę, że na Twojej twarzy maluje się ni to niedowierzanie, ni to zdziwienie.

Wątpisz po pierwsze, czy materiały takie, jak szkło, tworzywo lub wosk, a więc typowe izolatory nie przewodzące prądu elektrycznego, da się w ogóle pokrywać powłokami galwanicznymi, bowiem do ich osadzania konieczny jest udział prądu elektrycznego.

Dalej nie bardzo widzisz po prostu cel i potrzebę nakładania powłok na niemetale, gdyż jakoś nie łączy Ci się to logicznie z kopiowaniem monet lub metali. Wobec tego, aby wprowadzić Cię w nowe zagadnienie, omówimy najpierw tylko ogólnie przebieg postępowania przy pracach galwanoplastycznych.

Zasada pracy

Powiedzmy, że masz pamiątkowy medal brązowy z płaskorzeźbą kolumny Zygmunta w Warszawie czy z pojazdem kosmicznym i pragniesz wykonać z niego kopię. W tym celu musisz przede wszystkim sporządzić tzw. matrycę, czyli negatyw, odcisk modelu. Masz do wyboru sporą ilość materiałów:

— niskotopliwe stopy metali,
— masy woskowe,
— gips,
— glinę modelarską,
— tworzywa termoplastyczne.

Jak praktycznie odcisk taki wykonać, opiszę to dokładniej za chwilę.

Jeżeli matryca została sporządzona z niskotopliwego stopu metali, a więc z materiału przewodzącego prąd elektryczny, po odpowiednim odtłuszczeniu i wytrawieniu zawieszasz ją w kąpieli miedziującej i galwanicznie miedziujesz.

W przypadku wykonania odcisku w materiale izolacyjnym jego powierzchni musisz nadać przewodnictwo elektryczne, po czym dopiero zawieszasz go w kąpieli do miedziowania.

Podczas galwanicznego miedziowania metal ten osiada równą warstewką na wklęsłej powierzchni matrycy. Po pewnym czasie z miedzi powstaje wierna, pozytywowa kopia modelu. Tworzy ją elektrolitycznie wytworzona 0,2—0,5 mm blaszka miedziana. Blaszkę taką oddziela się od matrycy i w celu jej wzmocnienia (usztywnienia) zalewa od tyłu gipsem lub stopem ołowianym. Tak otrzymaną kopię modelu możesz następnie posrebrzyć lub też spatynować, aby nadać powierzchni miedzi wygląd imitujący stare wyroby.

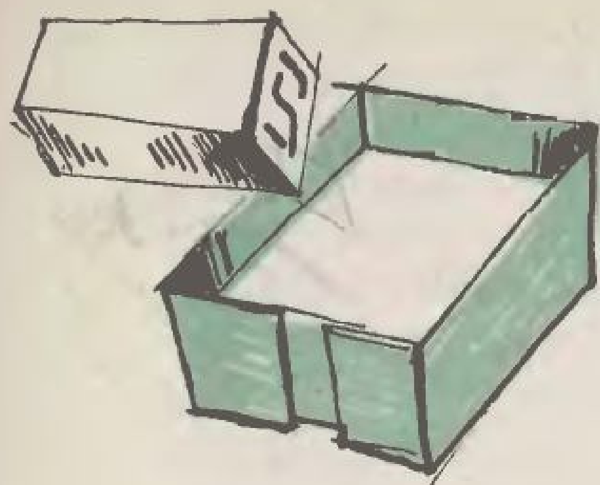
Z czego i jak wykonać matrycę metalową?

Jeżeli jest to tylko w Twoich możliwościach, radzę Ci matrycę wykonać z niskotopliwego stopu. Składy takich stopów oraz ich temperatury topnienia podaję Ci w zestawieniu poniżej.

Skład stopu	Temp. topnienia	Skład stopu	Temp. topnienia	Skład stopu	Temp. topnienia
Bizmut 50 g Ołów 27 g Cyna 12 g Kadm 10 g	68°C	Bizmut 5,0 g Cyna 3,0 g Ołów 2,0 g	73°C	Bizmut 8,0 g Ołów 5,0 g Cyna 3,0 g	85°C
Bizmut 5,2 g Ołów 4,0 g Kadm 0,8 g	91,5°C	Bizmut 5,2 g Ołów 3,2 g Cyna 1,6 g	95°C	Bizmut 7,0 g Cyna 3,0 g Ołów 2,0 g	100°C
Bizmut 6,0 g Cyna 2,6 g Ołów 1,4 g	110°C	Bizmut 3,3 g Cyna 3,3 g Ołów 3,3 g	120°C	Cyna 5,1 g Ołów 3,1 g Kadm 1,8 g	145°C

Wykonując matrycę ze stopów, unikniesz pracochłonnego nadawania przewodnictwa elektrycznego niemetalom.

Jeżeli więc chcesz wykonać kopię, np. którejś z pięknych naszych monet 20-złotowych, umieść ją w małym kartonowym pudełeczku stroną kopiowaną do góry, posmaruj lekko oliwą, po czym zalej 1-centymetrową warstewką stopu. Po jego skrzep-



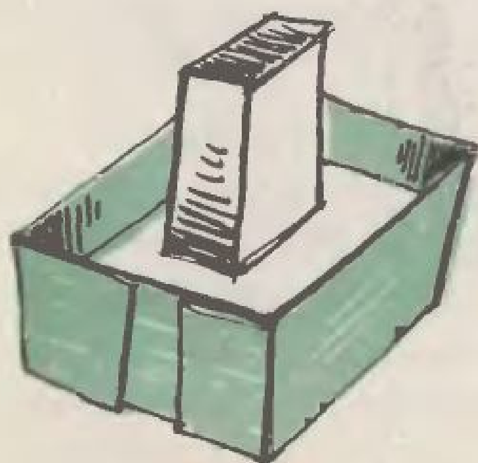
nięciu dzięki warstewce tłuszczu z łatwością oddzielisz monetę od matrycy.

Teraz przychodzi kolej na dokładne odtłuszczenie matrycy. Po pierwsze zmyj acetonem lub benzyną ekstrakcyjną resztki oleju, a następnie wykonaj z drutu miedzianego odpowiedni uchwyt, obejmujący w sposób pewny matrycę. Uchwyt ten posłuży Ci zaraz do zawieszania matrycy w kąpieli. Po wstępnym zmyciu oleju, nie dotykając już matrycy palcami, lakierem chlorokauczukowym lub olejnym pokryj boki i tylną powierzchnię matrycy. Po takim zabezpieczeniu miedź będzie się osadzać tylko na czołowej wklęsłej powierzchni matrycy. Nie chodzi tu o żadną oszczędność lecz o zapobieżenie mechanicznemu zaklinowaniu się kopii na matrycy.

Z kolei, aby nałożona kopia miedziana łatwo oddzieliła się od powierzchni stopu, na matrycy musisz wykonać tzw. warstewkę dzielącą. Wytwarzanie warstewki dzielącej polega na polaniu powierzchni matrycy lub jej przetarciu tamponem zwilżonym roztworem o następującym składzie:

siarczek sodu Na_2S	0,8 g,
w o d a	100 ml.

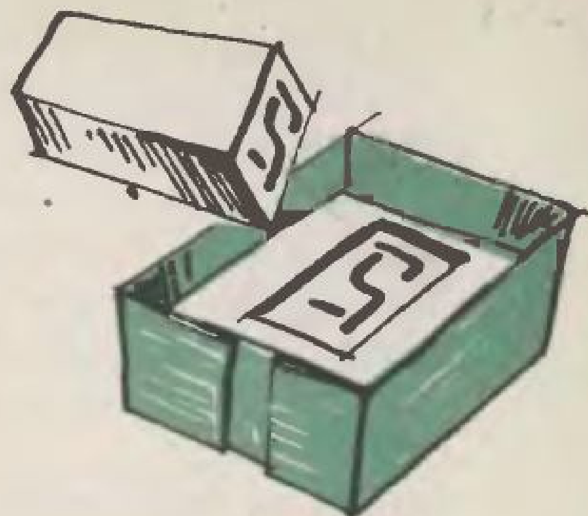
Po opłukaniu w wodzie, uchwyt z matrycą zawieś od razu w kąpieli do miedziowania.



Najodpowiedniejsza do tego celu będzie kąpiel o składzie:

w o d a	1 l,
siarczan miedziowy $CuSO_4 \cdot 5H_2O$	330 g,
kwas siarkowy stężony H_2SO_4	25 ml.

Na jednej szynie, tej od strony matrycy, zawieś obie posiadane anody miedziane.



Temperatura kąpieli powinna wynosić 20—25°C, gęstość prądu może dochodzić do 8 A/dm^2.

W celu osiągnięcia takiej gęstości prądu musisz oczywiście uprzednio obliczyć powierzchnię matrycy przeznaczoną do pokrywania. W zależności od gęstości prądu, proces pokrywania będzie trwał od 10 godzin przy 8 A/dm^2 do dwu dni przy gęstości 2 A/dm^2.

Aby proces pokrywania odbywał się prawidłowo, zamieszaj co jakiś czas kąpiel miedziującą.

Matryca niemetalowa

Odcisk płaskorzeźby, monety, medalu czy nawet ładnego liścia lub ptasiego pióra możesz wykonać, stosując gips, masy woskowe, glinę modelarską, tworzywa termoplastyczne.

Do odciskania przedmiotów metalowych o wyraźnym, lecz płytkim rysunku, możesz stosować gips, glinę, tworzywa sztuczne. Z tych ostatnich najodpowiedniejszy jest winidur. Płytkę winidurową odpowiedniej wielkości, ogrzaną w celu zmiękczenia we wrzącej wodzie, kładzie się na monetę czy model, silnie przyciska i tak pozostawia do ostygnięcia.

A może chcesz zastosować gips lub glinę modelarską?

Proszę bardzo. Gips zarób wodą na ciastowatą masę i wypełnij nią płaskie kartonowe pudełeczko. Powierzchnię przedmiotu natrzyj lekko olejem i umieść na powierzchni świeżo zarobionego ciasta gipsowego i pozostaw przez 4 godziny.



Do takiego samego pudełeczka możesz zamiast gipsu nałożyć dobrze wyrobionej gliny modelarskiej, powierzchnię gliny wyrów-

nać i wygładzić lekko zwilżonym nożem. Dopiero wtedy możesz jednym zdecydowanym ruchem położyć kopiowany przedmiot, po czym lekko go przycisnąć.

Niestety ani gips, lub glina, ani tworzywa termoplastyczne nie nadają się do sporządzania odcisków przedmiotów o drobnym subtelnym rysunku i przedmiotów kruchych, wiotkich, a więc pióra gęsiego czy dębowego liścia. W takich przypadkach niezastąpione są masy woskowe. A oto przepisy na ich składy:

a) masa bardzo miękka	—	wosk pszczeli	88 g,
		terpentyna	9,5 g,
		grafit sproszkowany	2 g,
b) masa średnia	—	wosk pszczeli	20 g,
		parafina	10 g,
		kalafonia	70 g,
c) masa twarda	—	wosk pszczeli	45 g,
		kalafonia	40 g,
		grafit sproszkowany	5 g.

Zadaniem grafitu w tych masach jest usunięcie ich lepkości. Jednak, aby masa nadawała się do sporządzenia odcisków przedmiotów o bardzo delikatnej rzeźbie powierzchni, masa musi być zupełnie jednorodna, a więc doskonale wymieszana oraz bez grudek i kawałeczków. Dlatego też grafit używany do sporządzania masy musisz przesiać przez płótno.

Obawiam się, że natrafisz na trudności przy nabyciu sproszkowanego grafitu. Ale nie martw się, grafit możesz z powodzeniem sporządzić sam. W tym celu kup parę grubych zapasów do ołówków automatycznych, ale jak najmiększych: nr 1 lub 2B czy nawet 4B. Stanowczo radzę kupować zapasy jak najbardziej miękkie, a to z dwu powodów. Po pierwsze, im miększy jest zapas czy pręcik z ołówka, tym więcej zawiera w sobie czystego grafitu (w ołówkach twardych przeważa dodatek glinki) a po drugie, miękki zapas da się o wiele łatwiej sproszkować.

Połóż na stole arkusz papieru i żyletką (lub papierem ściernym) skrob nad nim pręcik. Uzyskany w ten sposób proszek przesiej przez płótno.

Z góry mogę Ci poradzić, jak przygotować sitko do grafitu. Weź niewielkie pudełeczko lub rurkę od tabletek, usuń dno, za-

miast którego nałóż kapturek z płótna umocowany gumką aptekarską. Naskrobany grafit wsyp do rurki, stukaj w nią palcem, a na podłożonym papierze będzie się zbierał przesiany grafit.

Wiem dobrze, że skrobanie pręcików z zapasów czy ołówków to zajęcie nudne i uciążliwe, zwłaszcza, że sproszkowanego grafitu musisz przygotować znacznie więcej niż to przewidują przepisy na wykonanie poszczególnych mas. Pamiętaj, że sproszkowany i przesiany grafit potrzebny Ci jeszcze będzie do nadania przewodnictwa elektrycznego powierzchniom form wykonanych z mas woskowych.

Przy sporządzaniu tego rodzaju mas musisz postępować następująco: W blaszanym naczyniu (np. puszce po konserwach) stapiasz kolejno (zależnie od przepisu) asfalt, wosk, stearynę, łój, a dopiero później, z dala od ognia, dodajesz terpentynę. Na samym końcu dosypujesz grafit i masę chłodzisz, stale ją mieszając. Pamiętaj, że mieszanie jest konieczne, gdyż w przeciwnym razie grafit opadnie na dno naczynia.

Jeżeli chcesz wykonać odcisk, np. z pióra gęsiego czy liścia, to natłuść go lekko, lecz równomiernie olejem, połóż na dnie odpowiedniej wielkości płaskiego pudełeczka, po czym zalej stopioną masą woskową. Zwracam Twoją uwagę na to, że masa nie może być za gorąca, lecz jedynie stopiona.

Możesz postąpić jeszcze inaczej. Do płaskiego pudełeczka o odpowiedniej wielkości wlej stopioną, bardzo miękką masę, a gdy zacznie już krzepnąć, na jej powierzchni połóż pióro czy liść i bardzo lekko, ale równomiernie go przyciśnij.

Nadawanie przewodnictwa

Zbliżamy się teraz do czynności, które w dużej mierze decydują o powodzeniu całego przedsięwzięcia. Musisz mianowicie powierzchniom gipsu, tworzywa sztucznego, gliny czy mas woskowych nadać przewodnictwo elektryczne.

Zacznijmy od mas woskowych. Aby nadać im przewodnictwo elektryczne, powierzchnię odcisku musisz natrzeć pyłem grafitowym lub tzw. brązem lakierniczym. Do Twoich celów najlepiej nadaje się grafit koloidalny, który m. in. jest używa-

ny do smarowania łożysk pracujących w bardzo wysokich i bardzo niskich temperaturach. Pamiętaj, że im drobniejsze jest ziarno grafitu, tym lepszą uzyskasz wierność odtworzenia oryginału.

Wspomniałem, że można używać również i tzw. brąz lakierniczy „złoty". Jest to bardzo drobno sproszkowany stop zawierający 70—80% miedzi. Ostrzegam Cię jednak, abyś nie stosował brązu lakierniczego „srebrnego". Proszek ten stanowią maleńkie ziarnka aluminium. Niestety metal ten na powietrzu od razu utlenia się i dlatego każda cząstka proszku jest pokryta cieniutką, ale bardzo szczelną warstewką tlenkową Al_2O_3, która prądu nie przewodzi.

Zgromadzony grafit lub brąz lakierniczy nasypiesz cieniutką warstewką na powierzchnię odcisku, po czym czystym, bardzo miękkim pędzelkiem będziesz wcierał proszek w powierzchnię masy woskowej. Musisz niestety pokryć grafitem nie tylko sam negatyw monety czy medalu, ale również otaczającą go powierzchnię o szerokości około 1 cm. Aby się przekonać, które miejsca nie są jeszcze pokryte, matrycę obróć odciskiem w dół i lekko nią potrząśnij. Następnie po odwróceniu matrycy odciskiem do góry z łatwością dostrzeżesz łysinki, czyli miejsca jeszcze nie pokryte.

Wcieranie pędzelkiem grafitu, lub brązu lakierniczego jest bardzo żmudne i nudne, ale wierz mi, nie znamy lepszej metody nadania masie woskowej przewodnictwa elektrycznego. Muszę Cię przestrzec, że lenistwo oraz niedbałość przy wcieraniu proszku przewodzącego prąd zemszczą się na Tobie i to stokrotnie w przyszłym procesie nakładania miedzi.

No dobrze, ale co ze szkłem i ceramiką? — pytasz.

Przy Twoich modelach ze szkła i ceramiki polewanej oczywiście nie możesz stosować wcierania proszków bezpośrednio, lecz poprzednio musisz pokryć model następującym roztworem:

100 g kleju stolarskiego rozpuść w 200 ml wody i
12 g dwuchromianu potasu w 100 ml wody.

Oba roztwory przenosisz do ciemni oświetlonej czerwoną żarówką fotograficzną, zlewasz razem i dodajesz 300 g proszku

grafitowego utartego z małą ilością wody. Całość uzupełniasz wodą do objętości 1 litra.

Dokładnie wymieszany roztwór nakładaj w ciemni miękkim pędzlem równomierną warstwą. Po wyschnięciu model wynieś na światło słoneczne na 1 godzinę lub naświetlaj silną żarówką przez 3 godziny.

Dopiero wtedy nakładasz proszek brązu lakierniczego w postaci zawiesiny w lakierze, np. nitro. Pył metaliczny wymieszaj z lakierem w stosunku 350 g pyłu na 1 litr lakieru. Po lekkim przeschnięciu powłoki zapudruj jeszcze powierzchnię suchym pyłem metalicznym.

Domyślasz się chyba, że podczas galwanicznego pokrywania miedź będzie osiadać tylko na tych miejscach formy, które przewodzą prąd elektryczny, a więc jedynie na miejscach natartych grafitem lub brązem.

Powstaje teraz pytanie, w jaki sposób doprowadzić prąd elektryczny od szyny do tej natartej proszkiem powierzchni odcisku?

Sposób jest dość prosty. Całą matrycę ujmujesz w ramkę z drutu lub lepiej z cienkiej blaszki miedzianej lub mosiężnej. Do ramki tej przymocowujesz dwa druty, które pomogą Ci przy zawieszaniu formy na szynie. W zrobione na powierzchni matrycy „marginesy" przewodzące prąd elektryczny, w odstępach 5—6-centymetrowych, powbijaj pinezki połączone cieniutkimi miedzianymi drucikami z ramką formy. (Pamiętaj, nie stosuj drutów stalowych ani aluminiowych.) W ten sposób prąd z ramki poprzez druciki i pinezki będzie doprowadzony ze wszystkich stron do natartego przewodzącym proszkiem odcisku liścia.

Formę po stronie odcisku, a więc po stronie przewodzącej prąd, zwilż ostrożnie denaturatem i jeszcze mokrą zawieś na środkowej szynie w takiej samej jak poprzednio kąpieli do miedziowania.

Wygląd powierzchni przedmiotu po 2—3 minutach miedziowania pozwoli nam stwierdzić, czy cała powierzchnia dobrze przewodzi prąd elektryczny. Gdy wszystko idzie prawidłowo powierzchnia przedmiotu powinna być równomiernie różowa. Gdy jednak stwierdzisz obecność miejsc niepokrytych, przedmiot musisz koniecznie od razu wyjąć z kąpieli, opłukać w wo-

dzie i miejsca niepokryte natrzeć grafitem lub pyłem metalicznym.

Temperatura kąpieli i gęstość prądu powinna być identyczna jak i poprzednio. Po 10—15 minutach pokrywania formę podnieś i sprawdź, czy miedź osiada równo na całej powierzchni odcisku liścia. Jeśli nie, to popraw styk. Gdy i to nie pomoże, formę ostrożnie wysusz i miejsca źle przewodzące prąd ponownie natrzyj proszkiem.

W podobny sposób, to znaczy przez wcieranie grafitu lub brązu lakierniczego, nadaje się przewodnictwo powierzchniom gipsu i gliny. Zaraz, zaraz, nie spiesz się, bo nic z tego nie będzie.

Odciski gipsowe i gliniane są porowate, chłoną wilgoć i zmieniają swe wymiary. Dlatego też do celów galwanoplastycznych muszą być uprzednio wykończone.

Pierwsza czynność ze względu na Twoją wieczną niecierpliwość sprawi Ci nieco kłopotu. Mianowicie formy gipsowe i gliniane muszą być zupełnie suche (suszenie np. na kaloryferze musi trwać co najmniej 36 godzin). Druga czynność, to zaimpregnowanie porowatej formy. Dokonasz tego zawieszając suchą formę w stopionej mieszaninie, 50 g wosku pszczelego i 50 g parafiny ogrzanej do około 100°C. Formę musisz trzymać w stopionej mieszaninie tak długo, aż ustanie uchodzenie z porów pęcherzyków powietrza.

Po wyschnięciu formy i usunięciu nadmiaru lub zacieków z wosku za pomocą patyczka możesz już przystąpić do nacierania powierzchni odcisku proszkiem grafitowym lub brązem lakierniczym.

Redukcja chemiczna

Jeszcze w inny sposób nadaje się przewodnictwo elektryczne powierzchniom szkła, ceramiki oraz tworzyw sztucznych.

Takie tworzywa musisz na wstępie dokładnie umyć wodą z mydłem, po czym odtłuścić przez użycie wodnego roztworu któregoś z płynów do zmywania naczyń, a więc Antka lub Ludwika.

Teraz po dokładnym opłukaniu wodą w celu nadania powierzchni aktywności przedmioty zawieszasz na 2 minuty w kąpieli o składzie:

chlorek cynawy $SnCl_2$	1 g,
kwas solny stężony HCl	4 ml,
woda destylowana do objętości	100 ml.

Po opłukaniu w wodzie przedmioty możesz już poddać metalizacji metodą chemiczną. W odpowiednio dobranych warunkach srebro wydziela się z roztworu i w postaci cieniutkiej, metalicznej błonki osiada na szkle, ceramice, tworzywach sztucznych. A więc, o radości! — grafitowanie jest zbędne.

Ponieważ przedmiot po osadzeniu na nim przewodzącej warstewki srebra zawieszasz w kąpieli miedziującej, już teraz musisz pomyśleć o odpowiednim uchwycie z blachy lub drutu miedzianego. Uchwyt ten spełni podwójną rolę: umożliwi zawieszenie przedmiotu na szynie katodowej oraz doprowadzi prąd elektryczny z szyny do posrebrzonej powierzchni.

Proszę Cię teraz o chwilę specjalnej uwagi, bo dochodzimy do czynności bardzo ważnej, jaką jest przygotowanie odpowiednich roztworów.

1. Roztwory soli srebra
   A. Azotan srebra $AgNO_3$, 5 g w 100 ml wody destylowanej,
   B. Azotan srebra $AgNO_3$, 6,5 g w 100 ml wody destylowanej.

2. Roztwory pomocnicze
   C. Wodorotlenek potasu KOH, 9 g w 100 ml wody destylowanej,
   D. Wodorotlenek amonu NH_4OH, 10-procentowy roztwór wodny.

3. Roztwór redukujący
   Cukier spożywczy, 9 g w 100 ml wody destylowanej,
   Kwas azotowy HNO_3, stężony 0,5 ml.

Nie zapomnij proszę, że do sporządzania wszystkich roztworów musisz bezwzględnie używać wody destylowanej.

Bezpośrednio przed srebrzeniem do roztworu A wkraplaj roztwór D aż do chwili, gdy początkowo wytrącony osad ulegnie rozpuszczeniu. Staraj się jednak unikać użycia nadmiaru roztworu D. Zaraz potem kroplami dodawaj roztwór B w takiej ilości, aby pojawiło się tylko lekkie zmętnienie. Gdy to już osiągniesz, wlej tyle roztworu C, ile na początku użyłeś roztworu A, po czym ponownie wkraplaj roztwór D aż do zupełnego rozpuszczenia się powstałego osadu.

Jeżeli jeszcze roztwór przesączysz przez bibułę, możesz odsapnąć, ponieważ będzie już gotowy.

Teraz zajmij się roztworem redukującym. Po sporządzeniu według przepisu gotuj go 10 minut, po czym ochłodź.

Przedmiot przeznaczony do srebrzenia, świeżo spłukany wodą umieść w winidurowej kiuwecie fotograficznej lub odpowiedniej zlewce.

Cały przyrządzony z takim mozołem i przesączony roztwór zmieszaj z całkowitą ilością roztworu redukującego i od razu wlej do naczynia ze srebrzonym przedmiotem. Teraz musisz energicznie kołysać naczyniem, aby spowodować mieszanie cieczy i równomierne omywanie przedmiotu.

Wreszcie zbliża się punkt kulminacyjny. Ciecz w naczyniu ciemnieje, ba, staje się prawie czarna i nagle na powierzchni przedmiotu zacznie się pojawiać lśniące lustro. Tworzy je warstewka metalicznego srebra, powstająca w wyniku redukcji jego związków.

Proces przerwij, to znaczy przedmiot z kiuwety wyjmij, gdy osad zgromadzony na dnie naczynia przybierze barwę zielonkawoszarą.

Tak pokryty przedmiot ostrożnie opłucz wodą. Tylko naprawdę ostrożnie, bo mokra warstewka srebra ściera się bardzo łatwo. Przedmiot od razu zawieś w kąpieli galwanicznej do gruntowania.

Pamiętaj, warstewka srebra jest tak cienka i delikatna, że zanurzenie przedmiotu w zwykłej kąpieli do miedziowania spowoduje rozpuszczenie jej i zniszczenie.

Podaję skład kąpieli do gruntowania:

siarczan miedziowy $CuSO_4 \cdot 5H_2O$	15 g,
kwas siarkowy H_2SO_4	1,5 g,
alkohol etylowy	4 g,
woda do objętości	100 ml.

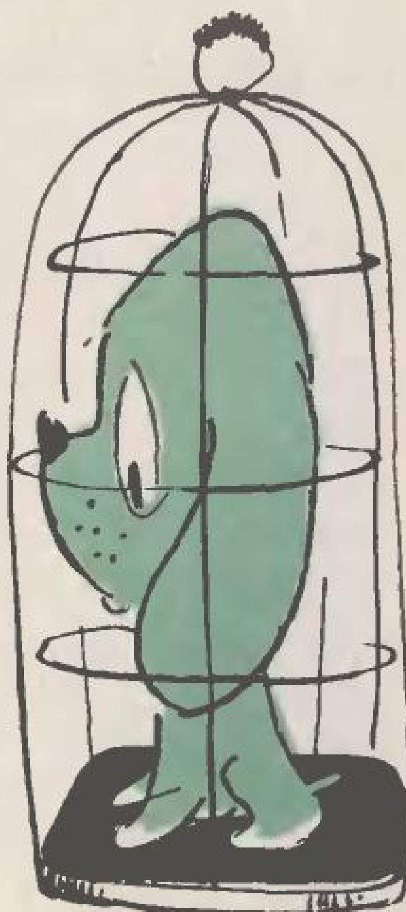
Świeżo posrebrzony i spłukany wodą przedmiot łączysz drutem z szyną katodową, włączasz prąd i dopiero teraz zanurzasz go w kąpieli do gruntowania.

Przy temperaturze pokojowej kąpieli i gęstości prądu ok. 1 A/dm² gruntowanie trwa 1 godzinę. Dopiero po upływie tego czasu przedmiot jest właściwie zagruntowany. Opłucz go więc wodą i przenieś do wanienki ze zwykłą, znaną Ci już kąpielą do miedziowania.

Kosmetyka końcowa

Po galwanicznym nałożeniu 0,2—0,5 mm warstewki miedzi możesz już przystąpić do oddzielania kopii od matrycy.

Jeżeli matryca Twoja była wykonana z niskotopliwego stopu lub też z masy woskowej, a ponadto nie zamierzasz już z matrycy tej więcej korzystać, całość, to znaczy matrycę razem z miedzianą kopią, zanurz we wrzącej wodzie i... po kłopocie. W temperaturze 85—90°C matryca ulegnie stopieniu.



Otrzymaną w ten sposób kopię w celu nadania jej większej wytrzymałości zalej od tyłu gęstym ciastem gipsowym.

W zależności od Twoich potrzeb i gustu powierzchnię miedzi na kopii możesz spatynować, zabarwić lub np. posrebrzyć czy poniklować.

Może się jednak zdarzyć, że z jednej matrycy będziesz chciał otrzymać parę kopii. W takim przypadku brzegi miedzianej kopii musisz przyciąć nożycz-

kami, tak, aby nie łączyły się z ramką i aby umożliwić oddzielenie od matrycy. Jeżeli podczas oddzielania modelu od matrycy nie uszkodzisz jej, to po dografitowaniu (gdy jest z masy woskowej) możesz na niej galwanicznie formować następny model.

Zdejmowanie miedzianej kopii z matrycy gipsowej lub glinianej czy tworzywa sztucznego nie nastręcza większych trudności pod warunkiem, że brzegi kopii zostaną odpowiednio przycięte.

Wszystko, co dotychczas mówiliśmy, dotyczyło płaskorzeźb. Nie zdejmuje się natomiast powłok z metalizowanych posążków, modeli samolotów, rakiet, czyli ogólnie z brył.

Dlaczego?

A to sobie już na to pytanie sam odpowiedz.



OBWODY DRUKOWANE WŁASNEGO WYROBU

Co jest grane?

W ostatnim czasie wielu Twoich kolegów zasypywało mnie listami dotyczącymi wykonywania obwodów drukowanych. O zaletach obwodów drukowanych i ich znaczeniu dla konstruktorów-amatorów nie będę Ci mówił. To są dziś już sprawy ogólnie znane. Przypomnę Ci tylko, że do wykonania surowych obwodów potrzebny jest nośnik oraz folia miedziana.

Nośnikiem, czyli po prostu podłożem, może być cienka płytka bakelizowanego papieru, płytka unilamu, laminaty (włókna szklane, żywica poliestrowa lub włókna szklane + żywica epoksydowa). Nośnikiem nie mogą być płytki z tworzyw sztucznych termoplastycznych: z winiduru, polistyrenu, pleksi, tworzyw celulozowych, ponieważ są termoplastyczne i w ich pobliżu nie można przeprowadzać lutowania.

Z kolei folia miedziana grubości 20—30 μm musi być równa i gładka. Folię miedzianą możesz na nośnik naklejać, albo też wytwarzać ją bezpośrednio na nośniku.

Naklejanie folii

Do naklejania folii na nośnik użyć możesz następujących klejów:

— klej fenolowo-butwarowy, BWF-21 lub BWF-41,

— klej fenolowo-formaldehydowy, Hermetikol,

— klej epoksydowy, Epidian 5 lub Distal.

Pierwsze dwa kleje wymagają utwardzania spoiny na gorąco, natomiast klej epoksydowy utwardza się na zimno.

Koniecznym wyposażeniem przy naklejaniu folii jest prasa lub dwie gładkie płyty i obciążniki.

Powierzchnię folii miedzianej i nośnika musisz przetrzeć drobno ziarnistym papierem ściernym, następnie w celu odtłuszczenia, przemyć acetonem, wysuszyć i od razu powierzchnię miedzi pokryć warstwą kleju. W przeciwnym razie powierzchnia miedzi zdąży się utlenić, a tym samym klej nie uzyska dobrej przyczepności. Jeżeli stosujesz jeden z wymienionych klejów fenolowych, to pokryj nim obie powierzchnie, a więc i miedzi i nośnika. Po 2 godzinach, gdy z warstewki kleju wyparuje już cały rozpuszczalnik, obie pokryte klejem powierzchnie złóż ze sobą, silnie ściśnij i ogrzewaj.

Ogrzewanie w temperaturze 120—140°C przez 2 godziny (np. w piekarniku), ma na celu ostateczne utwardzenie spoiny. Nie zapominaj jednak o ściskaniu, które musi towarzyszyć ogrzewaniu. W przypadku użycia kleju epoksydowego Epidian 5, bezpośrednio przed klejeniem zmieszaj oba jego składniki (żywicę i utwardzacz), po czym pokrywaj powierzchnię miedzi i od razu połóż na niej płytkę nośnika. Klej nakładaj cienką i równomierną warstewką.

Po złożeniu folii z nośnikiem całość połóż pomiędzy dwie gładkie płyty i obciąż 3—4 cegłami lub innym równorzędnym ciężarem. Utwardzanie spoiny kleju epoksydowego trwa 12 godzin.

Aby metodą galwaniczną nałożyć warstwę miedzi na nośnik, musisz jego powierzchni nadać przewodnictwo elektryczne. A oto etapy Twojej pracy:

przygotowanie powierzchni nośnika,
uczulanie powierzchni nośnika,
nakładanie warstewki przewodzącej srebrnej,
galwaniczne nakładanie folii miedzianej.

Przygotowanie powierzchni

Powierzchnię nośnika dokładnie umyj ciepłą wodą i szczotką, a w celu odtłuszczenia — płynem Ludwik czy Kuchcik. Dobre związanie powłoki metalowej z podłożem zależy od kilku czynników. Jednym z podstawowych jest tu chropowatość powierzchni. Może to być chropowatość „gruba", wykonana np. piaskowaniem czy papierem ściernym, może to być również mikrochropowatość, prawie niewidoczna gołym okiem, wywołana umiejętnym nadtrawieniem pokrywanej powierzchni.

Recepta na roztwór specjalnie przeznaczony do trawienia tworzyw fenolowoformaldehydowych, mocznikowoformaldehydowych i epoksydowych jest następująca:

kwas siarkowy stężony H_2SO_4	256 ml,
kwas azotowy stężony HNO_3	218 ml,
kwas solny stężony HCl	1 ml,
woda	32 ml.

W roztworze tym umieść na chwilę odtłuszczane tworzywo, szybko opłucz i zanurz do roztworu zobojętniającego, np. do 10-procentowego roztworu węglanu sodu.

Uczulanie powierzchni

Aby ułatwić osadzanie się srebra na metalizowanej powierzchni, stosuje się jej uczulanie. Chodzi tu o wytworzenie na

pokrywanym nośniku centrów aktywnych, przez co na jego powierzchni srebro osadza się łatwiej niż na powierzchniach nieuczulonych, np. na ścianach naczynia, w którym przebiega proces. Warunkiem prawidłowo przeprowadzonego uczulania jest zanurzenie czystego nośnika na 1—2 minuty do roztworu uczulającego i następnie bardzo staranne usunięcie tego roztworu przez spłukanie najpierw wodą wodociągową, potem destylowaną.

Uczulanie poprowadź w roztworze o składzie:

chlorek cynawy $SnCl_2$	10 g,
kwas solny stężony HCl	40 ml,
woda destylowana do	1000 ml.

Nakładanie warstewki przewodzącej

Najprostszym — w Twoich warunkach — sposobem nałożenia warstwy przewodzącej jest srebrzenie chemiczne. W procesie tym wytworzona zostaje na nośniku cieniutka, ale dobrze z nim związana, jak też i dobrze przewodząca prąd, warstewka metalicznego srebra. Srebrzenie płytki nośnika wykonaj w płaskim naczyniu, np. w kuwecie fotograficznej. Pamiętaj, że do czynności tej naczynie musi być szklane, porcelanowe, kamionkowe lub z tworzywa sztucznego. Nie wolno Ci stosować niczym nie pokrytych naczyń metalowych.

Do chemicznego srebrzenia nośnika potrzebne Ci będą dwa roztwory:

a) alkaliczny roztwór srebrzący soli aminosrebrowej,

b) roztwór reduktora.

Wykonaj oddzielnie dwa roztwory o składzie:

a) w 100 ml destylowanej wody rozpuść 20 g azotanu srebra, $AgNO_3$, po czym mieszając dodawaj kroplami wodorotlenek amonu, NH_4OH, tak długo, aby wytrącony początkowo ciemny osad uległ rozpuszczeniu. Następnie roztwór dopełnij wodą destylowaną do 1 litra.

b) 53 ml 40% formaldehydu (tzw. formaliny) dopełnij wodą destylowaną do objętości 1 litra.

Przed przystąpieniem do srebrzenia w czystym naczyniu połóż płasko na dnie uczuloną już płytkę nośnika, po czym zalej ją roztworem składającym się z równych ilości roztworu a) i b). Widzisz? Już po paru minutach na powierzchni nośnika zacznie się osadzać warstewka metalicznego srebra. Osadzanie się jej trwa około 20 minut. Po tym czasie płytkę wyjmij, opłucz wodą i od razu zabieraj się do galwanicznego nakładania warstwy miedzi. Pamiętać tylko musisz, że świeża, jeszcze mokra warstewka srebra jest bardzo mało wytrzymała mechanicznie i dlatego łatwo ulega ścieraniu. Korzystając z tego faktu możesz już teraz wyeliminować zbędne powierzchnie z przyszłego procesu pokrywania miedzią. Po co bowiem całą płytkę pokrywać miedzią, skoro następnie niemal $^3/_4$ jej powierzchni będziesz musiał i tak usuwać przez trawienie. Nawiń więc na zapałkę zwitek waty i z jego pomocą usuwaj srebro z tych dużych powierzchni, o których wiesz, że nie potrzebują być przewodzące.

Przy odrobinie wprawy, i gdy w dodatku przyszły drukowany obwód jest prosty w rysunku, tamponem z waty na zapałce ścierając tło możesz wymodelować nawet całe przewidziane połączenie. Rozumiemy się, prawda? — pozostawisz srebro tylko tam, gdzie chcesz aby powstały ścieżki.

Galwaniczne nakładanie folii miedzianej

Posrebrzoną chemicznie płytkę po opłukaniu bez suszenia zanurz do odpowiedniej kąpieli galwanicznej. Pamiętaj jednak, że powłoki srebra są bardzo delikatne i po zanurzeniu do normalnie stosowanych kąpieli galwanicznych mogą się rozpuścić, zanim cokolwiek zdąży się na nie osadzić. Dlatego, chociaż to jest uciążliwe, musisz zastosować dwustopniowe pokrywanie galwaniczne:

a) gruntowanie — pokrywanie wstępne do grubości ok. 1 μm w kąpielach „łagodnych" o specjalnie dobranym składzie. Zabieg ten ma na celu wzmocnienie nałożonej chemicznie powłoki i polepszenie styku elektrycznego,

b) pokrywanie do żądanej grubości.

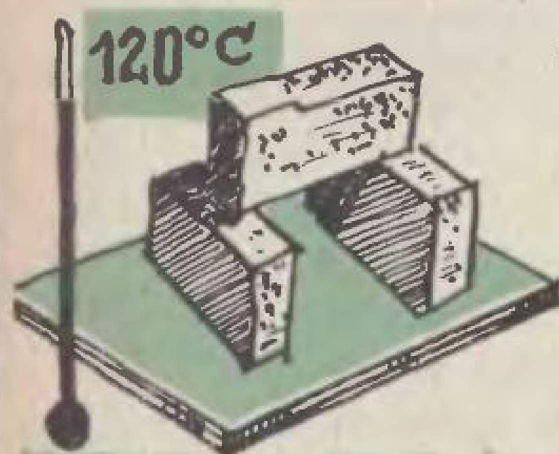
a. Gruntowanie. Kąpiel do wstępnego miedziowania powierzchni nośnika powinna mieć skład następujący:

siarczan miedziowy $CuSO_4 \cdot 5H_2O$		150 g,
kwas siarkowy stężony H_2SO_4		8 ml,
alkohol etylowy C_2H_5OH		50 ml,
woda do objętości		1 l.



NAKLEJANIE

Miedziowanie prowadzisz w temperaturze pokojowej przy gęstości prądu 2—3 A/dm². Uwaga: Przeznaczoną do miedziowania płytkę zanurzasz do kąpieli pod prądem, to znaczy już podłączoną elektrycznie. Gruntowanie w podanych warunkach trwa 15—20 minut i już płytkę nośnika wyjmujesz, spłukujesz wodą i od razu zawieszasz w kąpieli do właściwego miedziowania.



UTWARDZANIE

b. Miedziowanie właściwe. Kąpiel do miedziowania właściwego różni się od kąpieli do gruntowania stężeniem soli miedzi i stężeniem kwasu siarkowego i wygląda tak:

siarczan miedziowy $CuSO_4 \cdot 5H_2O$		220 g,
kwas siarkowy stężony H_2SO_4		50 ml,
woda do objętości		1 l.

Nakładanie miedzi prowadzisz w temperaturze pokojowej przy gęstości prądu do 4 A/dm².

Miedziowanie w tych warunkach musi trwać 2—2,5 godziny. Dla uzyskania większej równomierności powłoki, kąpiel podczas miedziowania mieszaj często bagietką szklaną.



ODTŁUSZCZANIE

W y k a ń c z a n i e

Nałożona powłoka miedziana jest szorstka i matowa. Dlatego też po wyjęciu płytki nośnika z kąpieli płuczesz ją dokładnie wodą, po czym suszysz i przecierasz lekko, bardzo drobnoziarnistym papierem ściernym.

Z kolei, jeżeli chcesz powłokę miedzi wybłyszczyć i rozjaśnić, całą płytkę zanurz na 2—3 sekundy do roztworu o składzie:

kwas siarkowy stężony H_2SO_4	250 ml,
kwas azotowy stężony HNO_3	130 ml,
kwas solny stężony HCl	35 ml,
sól kamienna NaCl	5 g,
woda	35 ml.

Po rozjaśnieniu płytkę od razu bardzo dokładnie opłucz w wodzie.

Wykonywanie ścieżek

Masz już więc półprodukt, tj. laminat pokryty 20—30 μm warstewką miedzi. I teraz jest już nam obojętne, czy warstewka miedzi została wytworzona galwanicznie czy też naklejona. Zastanawiasz się natomiast, jak na płytce tej wytworzyć dość skomplikowaną sieć ścieżek.

Otóż zasada jest taka:

— Na powierzchni folii miedzianej, substancją odporną na chemikalia nanosi się rysunek ścieżek i połączeń przyszłego obwodu. Po takim zabezpieczeniu, płytkę laminatu poddaje się trawieniu. W odpowiednio dobranym roztworze rozpuszczeniu, czyli wytrawieniu, ulega folia miedziana tylko w miejscach nie pokrytych substancją zabezpieczającą.

Zabezpieczenie powierzchni

— Ależ to jest nadzwyczaj proste — wołasz uradowany. Niestety, w praktyce, gdy chodzi już o gęstą sieć — i do tego wąskich — ścieżek, sprawa trochę się komplikuje. Mianowicie, gdy obwód drukowany tworzy rysunek prosty o szerokich ścieżkach i dużych płaszczyznach, wówczas posługujesz się techniką najprostszą. — Oto, zwykłym miękkim, wąskim pędzelkiem i lakierem poliwinylowym lub rozrzedzonym klejem butapren nakładasz na powierzchnię folii miedzianej sieć ścieżek i połączeń narysowany poprzednio na miedzi miękkim ołówkiem. Po wyschnięciu lakieru lub kleju, pokryta nimi powierzchnia jest



NANOSZENIE EMULSJI



NAŚWIETLANIE



NANOSZENIE FARBY

już chemoodporna, a więc nie ulegnie trawiącemu działaniu roztworu.

Oczywiście, że opisany sposób postępowania jest prymitywny, może być stosowany jedynie do bardzo prostych obwodów i nie nadaje się do wielokrotnego powielania jednego rysunku. Dlatego też zaznajomię Cię również z metodą już nieco trudniejszą, ale umożliwiającą za to wykonywanie małych serii obwodów nawet o skomplikowanym rysunku.

Jest to mianowicie metoda fotochemiczna. Wytworzenie tym sposobem rysunku przyszłego obwodu drukowanego na powierzchni folii miedzianej składa się z następujących czynności:

— przygotowanie emulsji,
— przygotowanie płytki,
— nakładanie emulsji na płytkę,
— naświetlanie,
— naniesienie farby,
— wywołanie obrazu,
— zabezpieczenie przed działaniem roztworu trawiącego.

Przygotowanie emulsji

Do tego celu stosuje się głównie emulsje chromianowe. Przypomnę Ci, że wielkocząsteczkowe związki organiczne zmieszane z roztworem wodnym dwuchromianu sodu, potasu czy amonu i wysuszone, tracą po naświetleniu zdolność do rozpuszczania się w wodzie, zmienia się ich zdolność do przyjmowania farb tłustych lub sproszkowanych oraz stopień nasiąkliwości wodnymi roztworami tych farb.

— Ale dlaczego tak się dzieje? — pytasz. Otóż, pod wpływem energii świetlnej nastę-

puje redukcja dwuchromianów do związku chromu trójwartościowego. Powstający tlenek chromu garbuje wielkocząsteczkowe związki organiczne, przy tym stopień zgarbowania przejawia się właśnie obniżeniem rozpuszczalności w wodzie, i jest w dużym stopniu proporcjonalny do czasu naświetlania.

Ale pamiętaj, utworzony obraz jest utajony, czyli niewidoczny. A obraz widoczny powstaje dopiero pod działaniem ciepłej wody, wymywającej koloidy organiczne, i to w stopniu odwrotnie proporcjonalnym do ilości światła, które padło na warstwę światłoczułą. A oto najprostszy skład emulsji, opartej na kleju stolarskim:

klej stolarski	94 g,
dwuchromian amonu $(NH_4)_2Cr_2O_7$	13 g,
25-procentowy roztwór wodorotlenku amonu NH_4OH	7 ml,
woda destylowana	do 1000 ml.

W osobnych naczyniach rozpuszczasz dwuchromian i klej stolarski. Następnie roztwór dwuchromianu amonu alkalizujesz bardzo powoli NH_4OH ciągle mieszając aż do uzyskania barwy słomkowożółtej. Klej stolarski zalewasz wodą i moczysz przez 12 godzin, po czym ogrzewasz na łaźni wodnej aż do zupełnego rozpuszczenia, a wtedy oba roztwory mieszasz razem i pozostawiasz w ciemnym miejscu na jeden dzień, w celu „dojrzewania".

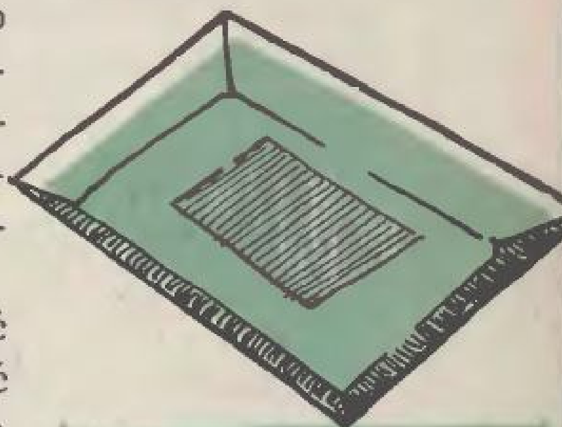
Tak otrzymaną emulsję możesz używać w ciągu kilku tygodni, jeżeli przechowywać ją będziesz w temp. około 15°C. Podobnie możesz przygotować emulsję opartą na żelatynie. Jednak zarówno emulsje oparte na kleju stolarskim, jak i na żelatynie, nie są



WYWOŁYWANIE



ZABEZPIECZANIE



TRAWIENIE

dostatecznie odporne na działanie roztworu trawiącego i wymagają dodatkowego zabezpieczenia. Najczęściej stosowanym dodatkowym składnikiem zabezpieczającym przed działaniem roztworu trawiącego jest drobno sproszkowana kalafonia, którą, po naniesieniu na płytkę, podgrzewa się do temperatury 80—90°C. Stąd nieraz emulsje tego rodzaju nazywamy emulsjami gorącymi.

Przygotowanie płytki

Przed nałożeniem emulsji płytka od strony folii miedzianej powinna być dokładnie oczyszczona i odtłuszczona. Folię oczyść proszkiem pumeksowym i odtłuść acetonem, a następnie wodorotlenkiem wapniowym tak, aby woda równomiernie zwilżała całą powierzchnię płytki. Po wysuszeniu możesz przystąpić do nałożenia emulsji.

Nakładanię emulsji

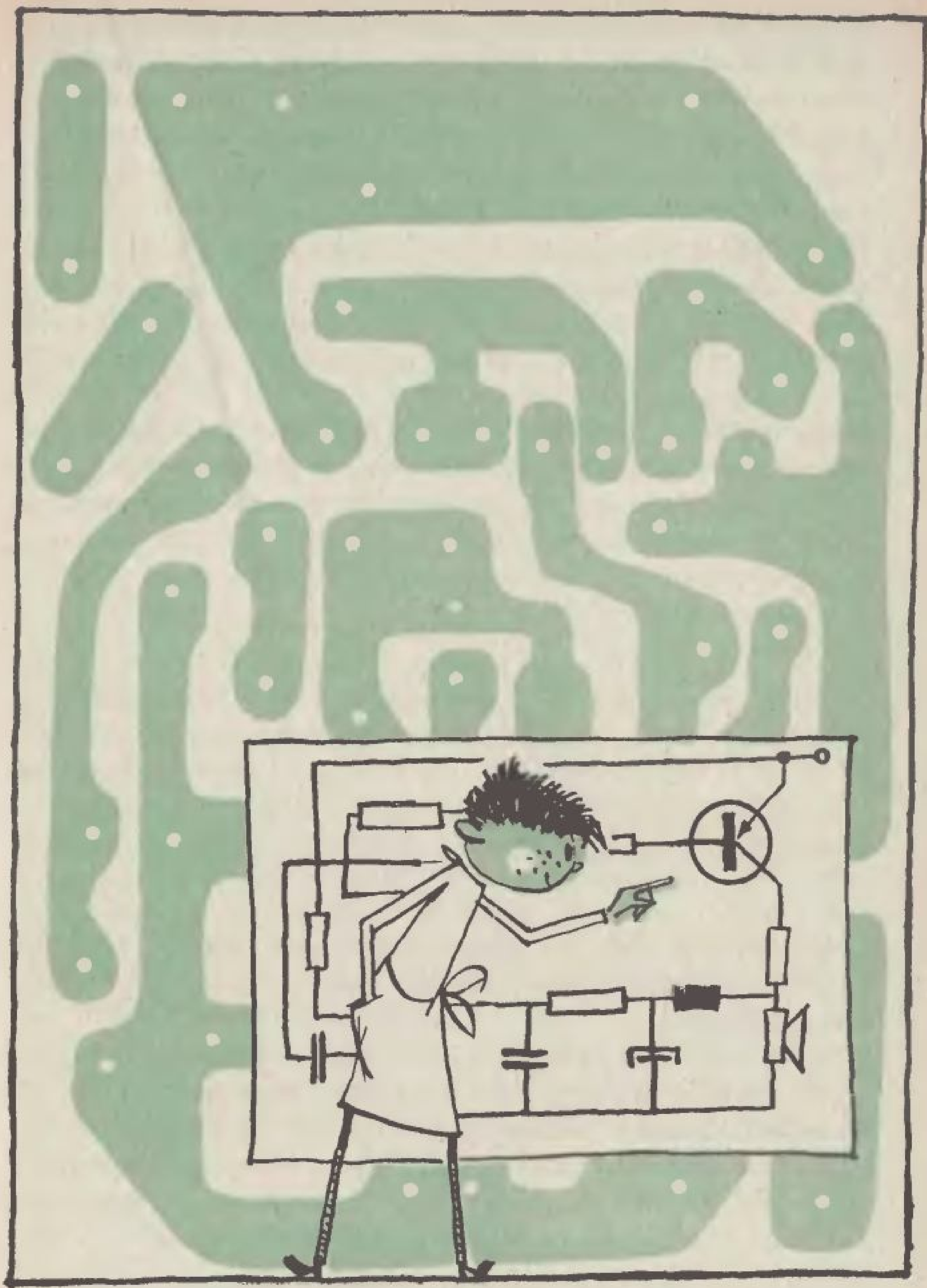
Emulsję opartą na kleju stolarskim lub żelatynie przed nałożeniem podgrzej na łaźni wodnej do temperatury około 30°C. Ale uwaga, — bardzo ważna jest sprawa odpowiedniego wylania emulsji. Chodzi przecież o uzyskanie możliwie dużej równomierności grubości warstwy, bo tylko właściwa grubość gwarantuje dobrą jakość przyszłego obrazu ścieżek.

Dlatego też, aby uzyskać równomierną grubość, emulsję musisz wylewać koniecznie na płytkę umieszczoną na wirówce. W Twoich warunkach rolę tę może doskonale spełniać adapter. Na przygotowaną już płytkę laminatu, ogrzaną do 35°C i umieszczoną na krążku adaptera, na sam jej środek wylej, możliwie z małej wysokości, ciepłą emulsję.

Ilość wylewanej na płytkę emulsji musisz dobrać eksperymentalnie. Po równomiernym rozlaniu się emulsji po powierzchni miedzi, płytkę wysusz w ciemności.

Naświetlanie

Przy świetle pomarańczowym, na powierzchnię emulsji połóż negatyw lub pozytyw rysunku przyszłego obwodu drukowanego. Rysunek taki może być wykonany na przykład czarnym tuszem na folii lub kalce kreślarskiej. Kalkę z rysunkiem przykryj czystą szybą szklaną i w odległości ok. 0,5 m zapal



silną żarówkę, lub też całość wynieś na światło słoneczne. Czas naświetlania zależy od rodzaju i grubości warstwy emulsji. Orientacyjnie, w pełnym słońcu wynosi on 5—8 minut, zaś przy żarówce 250 W i odległości 0,5 m — 10—60 minut.

Naniesienie farby czyli zabezpieczenie emulsji

Po naświetleniu, powierzchnię emulsji musisz pokryć cienką równomierną warstewką farby drukarskiej lub powielaczowej. Zabieg ten ma na celu wzmocnienie emulsji nie dosyć odpornej na działanie chemikaliów, a zwłaszcza roztworów stosowanych do trawienia miedzi.

Farbę roztartą dokładnie na tafli szkła nanosi się cienką lecz równą warstewką, najlepiej za pomocą gładkiego gumowego wałka fotograficznego. Dzięki reakcjom fotochemicznym, które zaszły w emulsji pod działaniem światła, farba zatrzymywana jest tylko przez miejsca nienaświetlone, czyli przez przyszłe ścieżki obwodu drukowanego.

Wywoływanie

Wywoływanie obrazu przeprowadzasz w ciepłej wodzie w temp. ok. 40°C. Po 2—3 minutowym moczeniu ta część emulsji, która nie została naświetlona, rozpuszcza się w wodzie, a wraz z nią znika również z płytki farba, dla której emulsja stanowiła podłoże. Jeżeli rysunek pod działaniem wody nie zostanie wywołany, to wówczas możesz płytkę lekko pocierać tamponem z waty, zwilżonym ciepłą wodą. Jeżeli i to nie spowoduje ukazania się rysunku na powierzchni płytki, znaczy, że popełniłeś błąd w którejś z poprzednich operacji i cały cykl trzeba zaczynać od nowa.

Nie rób nadąsanej miny, bo ja się tego nie przestraszę. Lepiej zaraz przeanalizuj wykonane czynności. Pamiętaj też, że dla wywołania rysunku po nawalcowaniu farby musi nastąpić przenikanie wody przez warstwę naniesionej farby do emulsji; w przypadku gdy nałożysz zbyt grubą warstwę farby, nie przepuści ona wody, czyli rysunek nie zostanie wywołany.

Zabezpieczenie przed działaniem roztworu trawiącego

Po wywołaniu rysunku płytkę wyjmij z wody i wysusz. Łatwo dostrzeżesz, że sama płytka zostaje całkowicie wysuszona,

natomiast farba jest nadal wilgotna. W ten sposób otrzymałeś rysunek obwodu, na który składa się warstwa emulsji oraz cienka higroskopijna warstewka farby.

Teraz całą powierzchnię płytki przesyp cienką warstewką kalafonii. Kalafonia stosowana do zabezpieczenia musi być bardzo dokładnie utarta w moździerzu np. porcelanowym, a następnie odsiana przez gęste płótno. Cząstki kalafonii przylegają dobrze do wilgotnej farby, a część kalafonii znajdującą się na suchej folii miedzianej usuniesz łatwo za pomocą suchego tamponu z waty lub miękkiego pędzelka. W końcu płytkę umieść na 10 minut w piekarniku ogrzanym do 80°C.

Na wtopieniu się proszku kalafonii w emulsję kończy się cały cykl przygotowawczy i Twoja płytka jest już gotowa do trawienia.

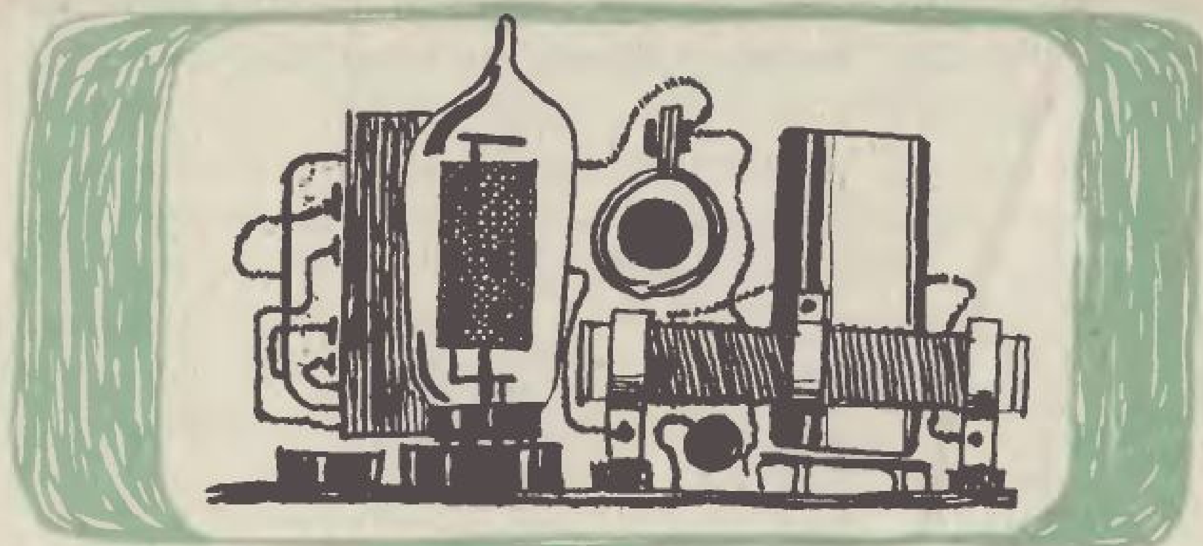
Trawienie

Proces trawienia ma na celu usunięcie tych części folii, które nie zostały zabezpieczone przy nakładaniu rysunku tak, aby na płytce została tylko ta część powierzchni folii, która odgrywa rolę elementów przewodzących w obwodach elektrycznych lub napisów informacyjnych.

Spośród wielu roztworów stosowanych do trawienia folii miedzianej, w Twoich warunkach najodpowiedniejszy jest chlorek żelazowy, $FeCl_3$.

Uwaga: Wszystkich „racjonalizatorów" jak też niecierpliwych ostrzegam w tym miejscu przed stosowaniem do trawienia roztworów kwasu azotowego, HNO_3. Co prawda kwas ten trawi miedź bardzo szybko, operacja się więc uda, lecz pacjent nie wytrzyma, a i sam chirurg może poważnie zachorować. Po prostu HNO_3 trawi miedź zbyt gwałtownie, w sposób trudny do kontrolowania (niebezpieczeństwo strawienia cienkich ścieżek), a ponadto — wydzielają się przy tym pokaźne ilości bardzo szkodliwych dla zdrowia tlenków azotu.

Dlatego właśnie zalecam Ci trawienie miedzi jedynie w wodnym roztworze $FeCl_3$. Czas trawienia folii miedzianej zależy od stężenia $FeCl_3$ oraz od temperatury roztworu. Zależności te podaję Ci w tablicy.



Czas trawienia folii grubości 25 μm w zależności od stężenia $FeCl_3$ i temperatury, w minutach

10°C	15°C	20°C	30°C	% $FeCl_3$
16	13	10	6	40
13	11	9	5	30

Samo trawienie polega na tym, że chlorek żelazowy redukuje się do żelazawego utleniając przy tym miedź wg reakcji

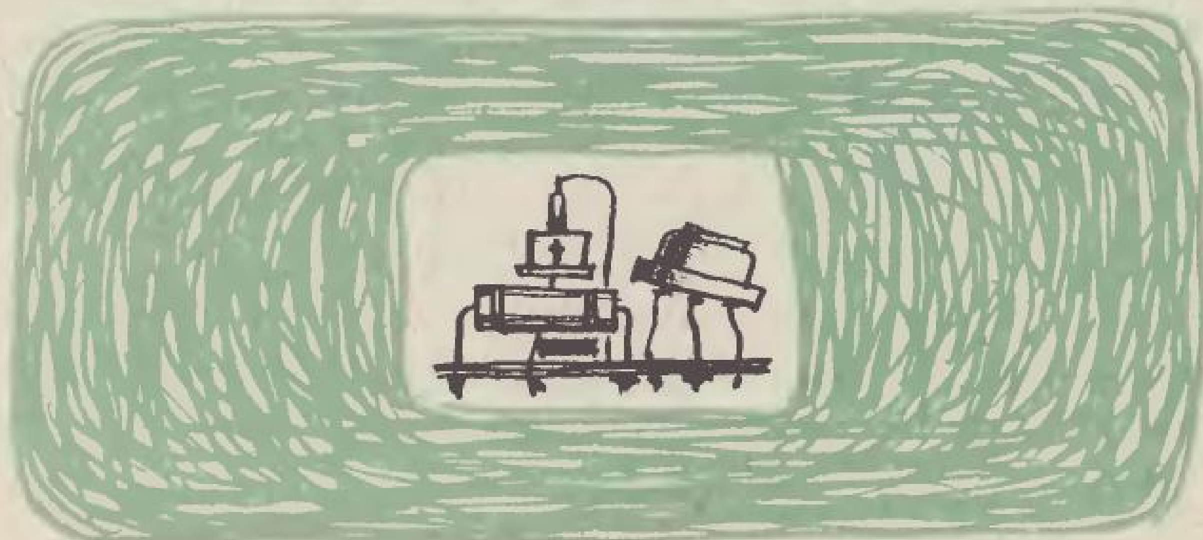


$$Cu + 2FeCl_3 \rightarrow CuCl_2 + 2FeCl_2$$



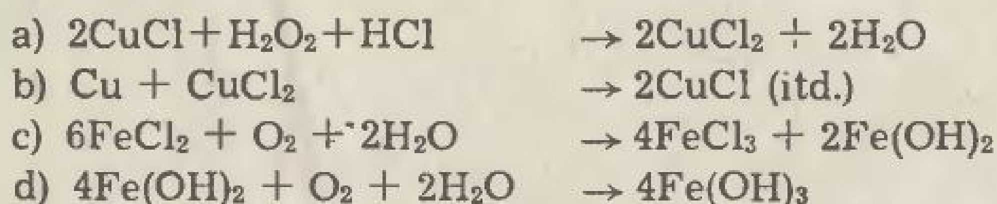
$$2Cu + 2FeCl_3 \rightarrow 2CuCl + 2FeCl_2$$

Otrzymany chlorek miedziowy $CuCl_2$ łatwo rozpuszcza się w wodzie, natomiast chlorek miedziawy CuCl jest praktycznie



nierozpuszczalny. Dlatego też w czasie trawienia musisz energicznie poruszać płytką, w celu mechanicznego wymywania osadu z miejsc trawionych.

Jeżeli proces trawienia przebięga bez regeneracji roztworu trawiącego, wtedy oczywiście stężenie chlorku żelazowego stopniowo maleje, podczas gdy stężenie miedzi i chlorku żelazawego odpowiednio rośnie. W miarę wzrostu zawartości miedzi w roztworze zdolność utleniająca roztworu maleje, toteż wzrasta również czas trawienia. Możesz temu stosunkowo łatwo zaradzić, wprowadzając mały dodatek nadtlenku wodoru H_2O_2 (wody utlenionej) oraz kwasu solnego. Zachodzące wówczas reakcje tak zapiszesz:



a) $2CuCl + H_2O_2 + HCl \rightarrow 2CuCl_2 + 2H_2O$

b) $Cu + CuCl_2 \rightarrow 2CuCl$ (itd.)

c) $6FeCl_2 + O_2 + 2H_2O \rightarrow 4FeCl_3 + 2Fe(OH)_2$

d) $4Fe(OH)_2 + O_2 + 2H_2O \rightarrow 4Fe(OH)_3$

W rezultacie więc regeneracji ulega niemal cały powstający CuCl, jak też i część $FeCl_2$. Reszta żelaza przechodzi w nierozpuszczalny osad $Fe(OH)_3$.

Reasumując — do trawienia sporządzasz wodny 30—40% roztwór $FeCl_3$ z małym dodatkiem HCl (ok. 1 ml na 100 ml roztworu). Samo trawienie prowadzisz w płaskiej kuwecie fotograficznej, przy czym trawioną płytkę musisz stale poruszać. Co 2—3 min. dodajesz po 2 ml 3-procentowego H_2O_2 i 0,5 ml 5-procentowego HCl. W mieszaninie takiej poruszasz płytkę tak długo, aż folia z miejsc nieosłoniętych zostanie wytrawiona.

Wykończenie

Po skończonym trawieniu płytkę dokładnie opłucz pod bieżącą wodą, po czym zdejmij warstwy chroniące ścieżki obwodów. W tym celu najprościej jest płytkę zanurzyć na 10—15 minut do nafty lub terpentyny. Oba te rozpuszczalniki usuwają zarówno farbę drukarską jak i kalafonię.

Dopiero po usunięciu warstewki zabezpieczającej Twój obwód drukowany możesz uznać za gotowy.

Pozostaje jeszcze powiercenie otworów i wlutowanie w nie odpowiednich elementów. No, ale to nie należy już do galwanotechniki.



O BARWIENIU STALI

Nieraz pewnie widziałeś pięknie oksydowane lufy broni myśliwskiej, pistolety, czarne części metalowe aparatury pomiarowej czy optycznej albo różne artystyczne wyroby stalowe, jak kraty, popielniczki, okucia i tym podobne rzeczy. Wszystkie te przedmioty wykonane z żeliwa lub stali odznaczają się pięknym, czarnym wyglądem.

Tę barwę nadaje się żeliwu i stali w sposób sztuczny przez kąpanie wyrobów w odpowiednich roztworach. Jest to tzw. kolorowanie, inaczej zwane b a r w i e n i e m c h e m i c z n y m, polegające na wytworzeniu na powierzchni metalu zabarwionej na czarno lub granatowo warstewki tlenków. Warstewka ta spełnia rolę nie tylko dekoracyjną. Dzięki swej bierności chemicznej chroni dość skutecznie stal przed korozją.

Jakość i wygląd tej warstewki tlenkowej zależy przede wszystkim od sposobu i staranności przygotowania powierzchni

przedmiotu. Przygotowanie powierzchni jest Ci dobrze znane, będzie to szlifowanie, polerowanie, odtłuszczanie i trawienie.

Różne metody czernienia

Jeżeli chcesz, aby przedmiot po czernieniu był błyszczący, nie wolno Ci pominąć uprzedniego polerowania. Przedmioty niepolerowane po czernieniu będą matowe, co jest zresztą nawet czasem pożądane, np. w przypadku elementów aparatury optycznej.

Szeroko rozpowszechnionym w przemyśle sposobem czernienia żeliwa i stali jest stosowanie kąpieli w stopionych związkach sodu (mieszanina 4 : 1 wodorotlenku sodu i azotanu sodu). Proces taki jest jednak niebezpieczny, gdyż odbywa się w temperaturze 450°C, a nawet ślady wilgoci powodują pryskanie gorącej stopionej żrącej kąpieli.

Dlatego też podam Ci inne metody, również skuteczne, lecz zupełnie bezpieczne. Najprostszym sposobem czernienia stali jest czernienie ogniowe. Oczyszczony przedmiot ogrzewasz w piecu lub nad palnikiem do temperatury 200°C i następnie nacierasz szmatką na kiju, umoczoną w oleju roślinnym (np. oleju jadalnym). Przy tego rodzaju czernieniu powstaje duża ilość bardzo gryzącego i nieprzyjemnie pachnącego dymu. Dlatego stanowczo radzę Ci przeprowadzać ten zabieg na powietrzu.

O wiele trwalsze czernienie uzyskasz, kąpiąc przedmiot przez 30 minut w roztworze o składzie:

woda	0,5 l,
wodorotlenek sodu $NaOH$	400 g,
azotyn sodu $NaNO_2$	600 g.

Roztwór ten zawiera silnie żrący wodorotlenek sodu, więc przeczytaj najpierw dokładnie, jak należy się z nim obchodzić.

Do żelaznego lub żeliwnego naczynia wlej 0,5 litra wody. Następnie postaraj się o **rękawice gumowe** lub stare, grube rękawice zimowe i **koniecznie okulary** motocyklowe lub prze-



NIEZBĘDNE

DO PRACY Z ŁUGIEM

ciwsłoneczne. Na dużej ceracie lub arkuszu płyty pilśniowej połóż cegłę i dopiero na niej postaw naczynie. Odważ 400 g stałego wodorotlenku sodu i ostrożnie, aby nie chlapać, wrzucaj go do naczynia małymi porcjami, posługując się drewnianą łyżką. Przy rozpuszczaniu wodorotlenku w wodzie wydziela się bardzo duża ilość ciepła. Dlatego właśnie naczynie musi stać na cegle. Gdy wodorotlenek już się rozpuści, dodaj ostrożnie 600 g azotynu sodu i całość zamieszaj żelaznym drutem.

Naczynie zawierające kąpiel musisz ogrzać do temperatury 140°C. Wówczas dopiero stanie się ona ciekła, gdyż w temperaturze pokojowej jest gęsta i krupkowata.

Przygotowane wcześniej przedmioty zawieszone na żelaznym drucie zanurz w gorącej kąpieli na 30 minut i często je poruszaj.

Po skończonym czernieniu możesz zdjąć okulary i rękawice. Przedmioty starannie opłucz wodą, wysusz w trocinach, po czym lekko natłuść oliwą lub wazeliną. Dobrze wykonane czernienie nadaje przedmiotom stalowym piękny, lśniący kolor czarny. Niebieskogranatowy kolor wyrobom stalowym nadasz, kąpiąc je przez 30 minut w roztworze o następującym składzie:

azotan sodu $NaNO_3$	100 g,
azotyn sodu $NaNO_2$	100 g,
wodorotlenek sodu NaOH	750 g,
w o d a do objętości	1 l.

Roztwór ten do czernienia musisz ogrzać do temperatury 150°C.

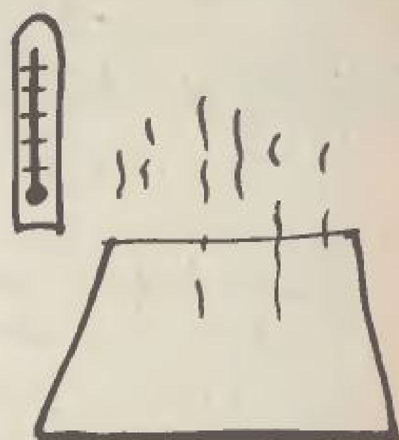
Czernienie dużych przedmiotów stalowych możesz wykonać nie w kąpieli, lecz przez nacieranie odpowiednim roztworem.

Aby taki roztwór wykonać, odmierz do zlewki 5 ml denaturatu i 2 ml 10-procentowego kwasu azotowego. Następnie odważ 7,5 g chlorku żelazawego $FeCl_2$ i 0,5 g siarczanu miedziowego $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, po czym związki te wsyp do zlewki. Gdy całość już się rozpuści, roztworem tym nasyć tampon z waty i nacieraj nim miejsce obok miejsca świeżo przygotowane przedmioty. Przedmiot taki musi potem wyschnąć, a następnie poddaj go działaniu pary wodnej przez 30 minut.

Końcowa czynność jak zawsze — płukanie w wodzie, suszenie i natłuszczanie.



ZWILŻANIE



SUSZENIE

Co to jest brunirowanie?

Na zakończenie omawiania czernienia stali podam Ci jeszcze przepis na tzw. brunirowanie, które jest stosowane do chemicznego barwienia pistoletów i broni myśliwskiej.

Proces ten, jak i poprzednio opisane, ma za zadanie wytworzenie cienkiej warstewki tlenków, która nadaje przedmiotowi estetyczny, ciemny kolor, a zarazem chroni go przed korozją. Uprzedzam Cię jednak z góry, że proces brunirowania jest żmudny i wymaga dużej staranności oraz czystości wykonania, ale daje za to bardzo dobre wyniki.

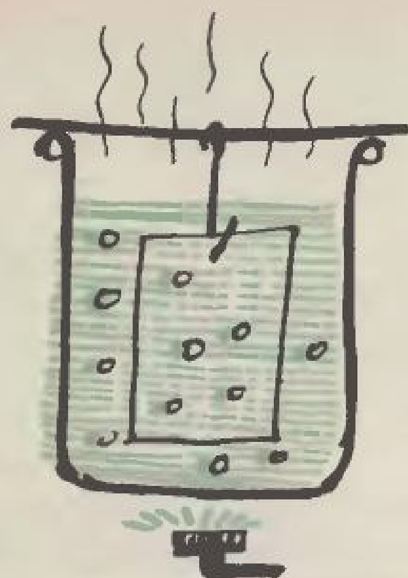
Starannie oczyszczony, dokładnie odtłuszczony i wytrawiony przedmiot opłucz spirytusem denaturowanym, a po wyschnięciu zwilżaj tamponem umoczonym w następującym roztworze:



PAROWANIE

woda	1 l,
kwas solny stężony HCl	1,5 ml,
chlorek żelazowy $FeCl_3$	70 g,
chlorek żelazawy $FeCl_2$	10 g,
chlorek rtęciowy $HgCl_2$	2 g.

Chlorek rtęciowy jest silną trucizną, a więc musisz zachować odpowiednią ostrożność.

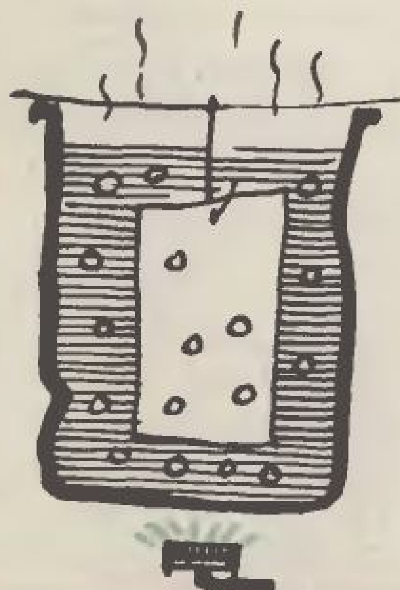


GOTOWANIE W TANINIE

Tampon do zwilżania zrób z waty, owijając ją czystym gałgankiem. Unikaj nabierania nadmiaru roztworu, a jedynie bierz tyle, aby tampon przesuwany po przedmiocie zwilżał go równomiernie.

Zaraz po pierwszym zwilżeniu zauważysz, że przedmiot ciemnieje. Po dokładnym i równomiernym zwilżeniu całego przedmiotu susz go 5—6 godzin w temperaturze 30—35°C (ale tym razem nie w trocinach), a następnie przez pół godziny w piekarniku w temperaturze 100—110°C.

Dalszym kolejnym zabiegiem jest kąpiel przedmiotu przez 30 minut we wrzącym roztworze taniny, której 10 g rozpuszcza się w 1 litrze wody. Jeżeli po wyjęciu z kąpieli taninowej i osuszeniu na powierzchni przedmiotu powstanie nalot, oczyszcza się go miękką szczotką drucianą.



GOTOWANIE W OLEJU

Zabieg zwilżania roztworem chlorków, suszenia i kąpania w taninie powtarza się 3—5 razy aż do uzyskania równomiernego, ciemnego koloru. Brunirowany przedmiot musisz brać stale czystymi szczypcami, a nie palcami, aby go nie zatłuścić.

Ostatecznie poczerniony przedmiot gotuje się 10—15 minut w oleju lnianym i tym kończy proces brunirowania.

Do brunirowania możesz jeszcze stosować inną, nieco prostszą kąpiel o składzie:

chlorek żelazowy $FeCl_3$	150 g,
siarczan miedziowy $CuSO_4 \cdot 5H_2O$	30 g,
kwas azotowy stężony HNO_3	75 g,
kwas solny stężony HCl	75 g,
alkohol etylowy 96-procentowy C_2H_5OH	50 g,
woda do objętości	1 l.

Stosując ten roztwór, postępujesz tak samo, jak poprzednio, a więc przeprowadzasz kolejno zwilżanie, suszenie, parowanie i gotowanie w taninie.

Innych kolorów na żelazie poza granatowym i czarnym, sposobami chemicznymi uzyskać się nie da. O wiele natomiast podatniejsza do barwienia na rózne kolory jest miedź. Dlatego też często, gdy chcemy żelaznemu przedmiotowi nadać jakiś inny, jasny kolor, przedmiot ten najpierw miedziujemy.

O tym, jak barwi się chemicznie miedź, dowiesz się w następnym rozdziale.



O BARWIENIU MIEDZI I JEJ STOPÓW

Nie ma chyba drugiego takiego metalu, który równie łatwo jak miedź, dałby się barwić niemal na wszystkie kolory tęczy. Powierzchniom przedmiotów miedzianych można więc nadać kolory: rdzawy, zielononiebieski, ciemnoczerwony, fioletowy, pstry — mieniący się barwami tęczy, ciemnobrązowy lub zupełnie czarny.

Niestety, większość tych barw jest raczej nietrwała, gdyż związki wytwarzające zabarwienie na powierzchni miedzi mają charakter przejściowy i ulegają różnym przemianom pod wpływem działania tlenu, wilgoci, itp. Sprawia to, że kolor pierwotny z upływem czasu z zasady ciemnieje.

Można temu zapobiec, to znaczy powierzchnię metalu ochronić przed działaniem warunków atmosferycznych i jakoś raz na zawsze utrwalić daną barwę wytworzoną na miedzi. Po prostu zabarwiony przedmiot miedziany pokrywa się przezroczystym, bezbarwnym lakierem caponowym.

Wyjątek stanowią barwy: czarna, ciemnobrązowa oraz zielononiebieska. Tak zabarwiona miedź jest bardzo trwała i nie wymaga żadnego zabezpieczenia lakierem.

Jak już wspomniałem, z tej łatwości chemicznego barwienia miedzi chętnie korzystamy i miedziujemy przedmioty żelazne. Przedmioty pokryte miedzią można następnie łatwo i szybko barwić niemal na każdy pożądany kolor.

Sztuczna starość

Barwę czarną i brązową na miedzi można wytworzyć tylko w sposób sztuczny, natomiast zielonkawoniebieski nalot doskonale związany z metalem wytwarza się samorzutnie pod wpływem działania czynników atmosferycznych.

Zresztą przecież widziałeś nieraz stare przedmioty miedziane lub brązowe, a więc dachy kościołów, posągi czy różne ozdoby, np. w muzeach, pokryte miłym dla oka zielonkawoniebieskim nalotem zwanym patyną? Może się zdarzyć, że przedmiotom nowym, dopiero wykonanym, np. broszkom, oprawom luster, ozdobom, czy rzeźbom, zechcesz w celach dekoracyjnych nadać taki właśnie stary „sędziwy" wygląd. Wtedy musisz zadać sobie pytanie — z czego to i w jakich warunkach powstaje na miedzi owa patyna?

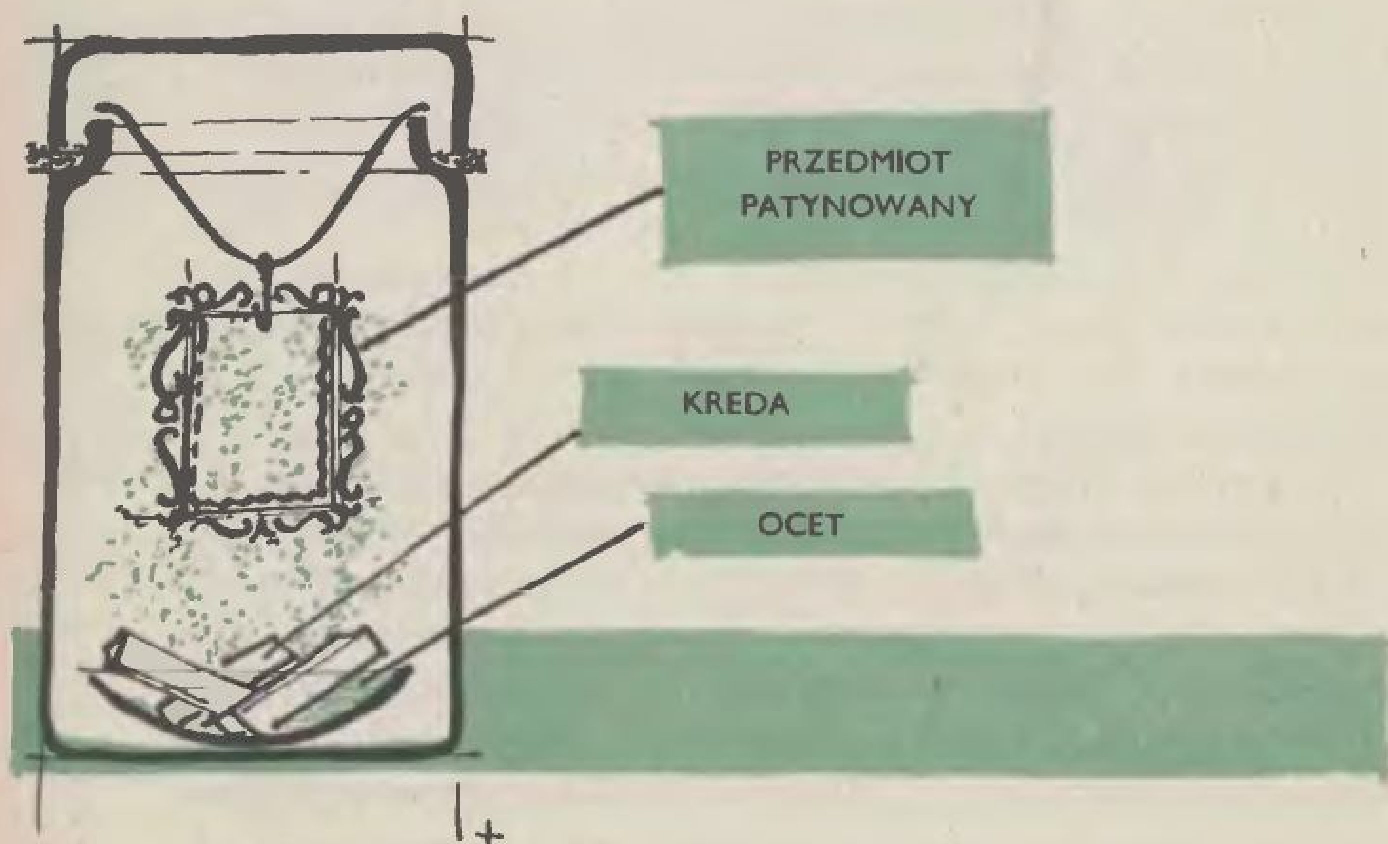
Wyjaśniam Ci więc, że w powietrzu znajduje się zawsze trochę dwutlenku węgla oraz nieco siarkowodoru. W obecności wilgoci atmosferycznej z gazów tych na powierzchni miedzi i brązu tworzy się niesłychanie cienka powłoczka zasadowego węglanu oraz siarczku miedziowego. Na skutek działania tlenu atmosferycznego siarczek miedziowy po wielu latach przechodzi w zasadowy siarczan. Zarówno zasadowy siarczan, jak i zasadowy węglan miedziowy powstają niesłychanie powoli, a dzięki temu pokrywają one szczelną warstewką powierzchnię danego przedmiotu. Ponadto powolne powstawanie tych dwu związków zapewnia tworzenie się specyficznej drobnokrystalicznej struktury. Na to jednak, aby w zwykłych warunkach na miedzi czy brązie wytworzyła się naturalna powłoczka patyny, trzeba czekać co najmniej kilkanaście lat.

Oczywiście tak długiej metody nie zamierzam Ci polecać. Na

szczęście są szybsze sposoby barwienia miedzi na kolor bardzo zbliżony do naturalnej patyny.

Spośród najróżniejszych metod sztucznego i szybkiego wytwarzania patyny stosunkowo najlepsze wyniki daje następujące postępowanie: Przedmioty miedziane o odpowiednio i starannie przygotowanej powierzchni zwilż 30—40-procentowym roztworem kwasu octowego. (Aby otrzymać 30-procentowy kwas octowy należy esencję octową rozcieńczyć 1 : 3 wodą.) Zwilżony przedmiot umieść w przestrzeni bogatej w dwutlenek węgla.

Zabieg ten wykonaj najlepiej w ten sposób: zwilżone kwasem octowym przedmioty zawieś w szczelnie zamykanej drewnianej skrzyni lub dużym słoju szklanym, a na jego dnie po-



staw głęboki talerz z kredą polaną obficie kwasem octowym. Pod wpływem działania kwasu octowego na kredę wydzielają się stosunkowo duże ilości dwutlenku węgla. Kwas octowy i dwutlenek węgla powodują tworzenie się na powierzchni miedzi zasadowego węglanu miedziowego i octanu miedziowego. Mieszanina tych związków w kontakcie z miedzią wyglądem swym bardzo przypomina naturalną patynę.

Przedmioty powinny pozostawać w skrzyni lub, jeżeli wolisz, w słoju przez 3—4 dni. Następnie wyjmij je, wysusz i ponownie umieść w skrzyni, odnowiwszy poprzednio na talerzu porcję kredy z kwasem octowym.

Po trzykrotnym powtarzaniu takiego zabiegu otrzymasz na przedmiotach ładną i trwałą powłokę sztucznej patyny.

O wiele szybciej, ale za to z gorszym skutkiem (mniejsza trwałość) możesz wytwarzać na miedzi lub brązie sztuczną patynę zwilżając kilkakrotnie przedmioty następującym roztworem:

woda	1 l,
octan miedziowy $(CH_3COO)_2Cu$	20 g,
chlorek amonu (salmiak) NH_4Cl	20 g,
kwas octowy 80-procentowy, tzw. esencja octowa	20 ml,

albo

woda	1 l,
chlorek amonu (salmiak) NH_4Cl	10 g,
azotan miedziowy $Cu(NO_3)_2$	30 g.

Tymi roztworami za pomocą szmatki lub tamponu z waty zwilżaj równomiernie przedmioty, unikając stale nadmiaru płynu. Po każdorazowym zwilżeniu pozostaw przedmiot do całkowitego wyschnięcia i dopiero wtedy możesz go zwilżać ponownie. Zabieg ten powtórz 5—6 razy.

Pamiętaj tylko, że przedmioty miedziane przed barwieniem muszą być dokładnie odtłuszczone i trawione. W przypadku wytwarzania sztucznej patyny polerowanie jest całkowicie zbędne.

Do koloru, do wyboru

Przygotuj teraz kawałeczek odtłuszczonej i wytrawionej blaszki miedzianej.

W dwu oddzielnych małych zleweczkach przygotuj dwa roztwory:

roztwór nr 1 —	woda		100 ml,
	tiosiarczan sodu $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$		13 g,
roztwór nr 2 —	woda		100 ml,
	octan ołowiawy $Pb(CH_3COO)_2 \cdot 3H_2O$		4 g.

Oba roztwory zlej razem, wymieszaj i umieść w tej mieszaninie miedzianą blaszkę. Blaszkę poruszaj w roztworze i co kilkanaście sekund wyjmuj ją, aby sprawdzić barwę powierzchni.

Już po kilkunastu sekundach powierzchnia miedzi stanie się pstra i mieniąca wszystkimi barwami tęczy. Parominutowa kąpiel spowoduje pojawienie się barwy żółtej, brązowej, ciemnoniebieskiej, aż wreszcie po upływie mniej więcej godziny powierzchnia miedzi stanie się ciemnobrązowa lub prawie czarna.

Jedynie te ostatnie barwy są trwałe. Jeżeli natomiast chcesz zachować na przedmiotach miedzianych jedną z barw poprzednich, to przedmiot po wypłukaniu w wodzie zimnej, a następnie **koniecznie** jeszcze w ciepłej, wysusz i pokryj lakierem caponowym.

Różne odcienie brązowego

Brązowe zabarwienie miedzi o różnych odcieniach otrzymasz stosując roztwór o następującym składzie:

woda	100	ml,
siarczan miedziowy $CuSO_4 \cdot 5H_2O$	13	g,
chloran potasu $KClO_3$	6	g,
nadmanganian potasu $KMnO_4$	0,3	g.

Odpowiednio wcześniej przygotowane przedmioty miedziane zanurz w roztworze o podanym składzie na przeciąg 1 doby. Roztworem tym ogrzewanym do temperatury 50°C możesz za

pomocą szmatki nacierać barwione przedmioty, unikając w ten sposób zanurzania. Dzięki podwyższonej temperaturze zabieg ten trwa zaledwie kilkanaście minut.

Jeżeli chcesz otrzymać zabarwienie miedzi brunatne z lekkim odcieniem zielonego, zastosuj wówczas roztwór o składzie:

woda	100	ml,
octan amonu $NH_4(CH_3COO)$	5	g,
octan miedziowy $Cu(CH_2COO)_2$	3	g,
chlorek amonu NH_4Cl	0,3	g.

Po rozpuszczeniu się wszystkich składników, dodaj do całości 1—2 krople wodorotlenku amonu i ogrzej do wrzenia.

Brązowe zabarwienie powierzchni przedmiotów z miedzi i jej stopów możesz uzyskać szybko i łatwo przez ich zanurzenie we wrzącym roztworze o następującym składzie:

woda	100	ml,
siarczan miedziowy $CuSO_4 \cdot 5H_2O$	10	g,
chloran potasu $KClO_3$	6	g.

Czas barwienia w tym wrzącym roztworze wynosi kilka minut, potem przedmiot dokładnie umyj w zimnej wodzie, a następnie w gorącej i wysusz. Przedmioty wysuszone przeszczotkuj miękką szczotką i natłuść.

Dziwisz się zapewne dlaczego natłuścić, a nie pokryć lakierem caponowym? — Otóż musisz wiedzieć, że czerń i ciemny brąz są na miedzi barwami trwałymi, czyli tego rodzaju powłoki nie wymagają ochrony przed działaniem tlenu i wilgoci.

Na kolor czarny

Miedź bardzo łatwo, ładnie i trwale daje się barwić na kolor czarny. Najpopularniejszym sposobem czernienia miedzi jest

tzw. opalanie. Jeśli masz zamiar je wykonać, to musisz na początku sporządzić roztwór o składzie:

woda	100 ml,
azotan miedziowy $Cu(NO_3)_2$	20 g,
azotan srebra $AgNO_3$	0,2 g.

Roztwór ten przygotuj w następujący sposób: w 80 ml wody destylowanej rozpuść azotan miedziowy, a osobno w 20 ml wody destylowanej — azotan srebra. Bezpośrednio przed czernieniem oba te roztwory zlej razem, wymieszaj i umoczoną w nim szmatką zwilżaj powierzchnie odpowiednio przygotowanych przedmiotów miedzianych. Po zwilżeniu całego przedmiotu, opala się go nad ogniem (np. świecącym płomieniem palnika). Początkowo przedmiot ogrzewaj powoli, następnie zaś nad silnym płomieniem.

Ogrzewać należy tak długo, aż występujące początkowo zabarwienie zielone przybierze kolor czarny.

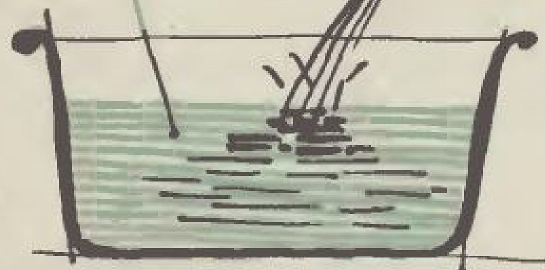
Po ostygnięciu przedmioty oczyść miękką szczotką drucianą, a jeśli cała ich powierzchnia nie uzyskała równomiernego koloru czarnego, zwilż je roztworem ponownie i znów opal.

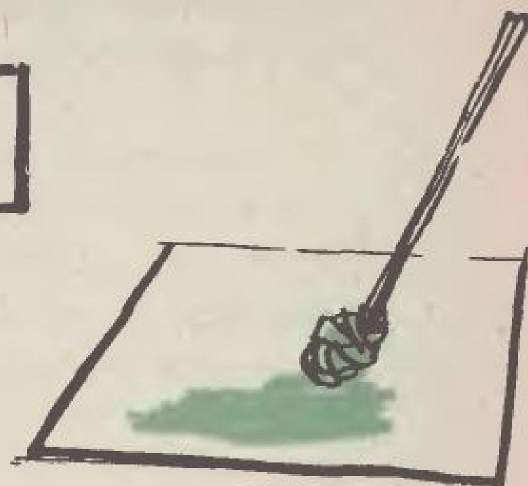
Na zakończenie, tym razem wyjątkowo bez mycia, lecz po wyszczotkowaniu, przedmioty lekko przetrzyj oliwą lub wazeliną.

Gdyby Ci to bardziej odpowiadało, to miedź można również czernić bez opalania przez zwykłe nacieranie takim roztworem:

woda	100 ml,
wielosiarczek potasu K_2S_4	3 g,
chlorek amonu NH_4Cl	1 g.

Odpowiednio przygotowane przedmioty natrzyj tym roztworem i chwilkę poczekaj. Początkowo, natychmiast po zwilżeniu, miedź przybiera barwę ciemnoszarą, która jednak szybko przechodzi w głęboką czerń.





PRZYGOTOWANIE ROZTWORU ZWILŻANIE

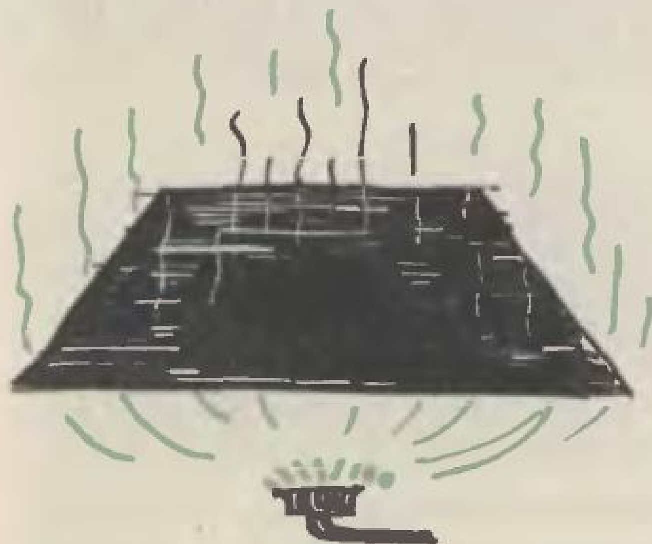
Gdy już barwę tę uzyskasz, opłucz przedmiot dokładnie w zimnej, a następnie gorącej wodzie i wysusz. Suchy przedmiot, aby nadać mu piękny połysk oraz dużą odporność na działanie wilgoci, natrzyj lekko czarnym woskiem szewskim i przeszczotkuj miękką, włosianą szczotką.

Sam się chyba zorientowałeś, że obie ostatnio opisane metody czernienia miedzi polegają na wytworzeniu na powierzchni tego metalu czarnej warstewki siarczków lub tlenków.

A stopy miedzi?

Oczywiście stopy miedzi można również chemicznie barwić. Zaraz podam Ci wskazówki i przepisy, w jaki to sposób zrobić.

Tak na dobrą sprawę, to mówić będziemy tylko o jednym





OPALANIE

stopie miedzi, a mianowicie o mosiądzu. Drugi bowiem stop, brąz daje się barwić tymi samymi metodami i przy użyciu tych samych roztworów co i czysta miedź.

Za to z mosiądzem będziesz miał sporo kłopotu. Wynika to z tego, że mosiądz mosiądzowi nierówny. Jeden gatunek tego stopu zawiera 80% miedzi, a tylko 20% cynku, a drugi niemal odwrotnie — 40% miedzi, a za to 60% cynku. Trudność polega na tym, że nie wszystkie roztwory barwiące miedź, również na ten sam kolor barwią cynk.

Powiesz, że przecież mosiądz jest stopem. Zgoda, ale własności chemiczne tego stopu są często zupełnie niepodobne do własności chemicznych czystej miedzi. Dlatego też roztwory do chemicznego barwienia mosiądzu muszą być prawie zawsze różne od roztworów, którymi się barwi czystą miedź.

Oczywiście mosiądz przed barwieniem musi być wypolerowany, odtłuszczony i wytrawiony.

Zaczniemy od barw jasnych. A więc do trwałego zabarwienia mosiądzu na kolor żółtopomarańczowy wykonaj roztwór o składzie:

woda	100 ml,
siarczan miedziowy $CuSO_4 \cdot 5H_2O$	1,5 g,
chloran potasu $KClO_3$	1,5 g.

Roztwór ogrzej do temperatury 50—60°C i zanurz w nim na parę minut barwione przedmioty mosiężne.

Barwę czekoladowobrązową na mosiądzu otrzymasz, gotując przedmioty przez 15 minut w roztworze o składzie:

woda	100 ml,
octan miedziowy $Cu(CH_3COO)_2$	6,5 g,
siarczan miedziowy $CuSO_4 \cdot 5H_2O$	4,5 g,
siarczan glinowo-potasowy $AlK(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	2 g.

Po skończonym barwieniu przedmiot umyj w zimnej, a następnie w gorącej wodzie, wysusz w trocinach i natłuść lekko oliwą.

Ze wszystkich rodzajów barwienia mosiądzu największe zna-

czenie praktyczne ma czernienie tego stopu. W ten właśnie sposób są wykańczane najróżniejsze mosiężne części aparatów pomiarowych, aparatów fotograficznych i przyrządów optycznych. Istnieją zasadniczo dwa sposoby barwienia na czarno mosiądzu — z połyskiem oraz bez połysku.

W pierwszym przypadku, a więc gdy zależy Ci na połysku, przedmiot musi być najpierw bardzo starannie wypolerowany. Czernienie z połyskiem przeprowadza się przez kąpanie przedmiotu w roztworze o składzie:

woda	100 ml,
węglan miedziowy $CuCO_3$	70 g,
wodorotlenek amonu NH_4OH	400 ml.

Roztwór ten ogrzej do temperatury 40°C i zanurz w nim czernione przedmioty na 10—15 minut. Podczas czernienia przedmioty zanurzone radzę Ci często poruszać.

Gdy natomiast zależy Ci na tym, aby dany mosiężny przedmiot nie powodował odbicia światła (np. wewnętrzne części aparatu fotograficznego lub powiększalnika), wówczas trzeba zastosować czernienie matowe. Niepolerowane przedmioty (ale oczywiście odtłuszczone i trawione) naciera się gorącym roztworem o składzie:

woda	100 ml,
azotan miedziowy $Cu(NO_3)_2$	250 g,
azotan srebra $AgNO_3$	1,5 g.

Azotan miedziowy rozpuść w 90 ml wody, a osobno w 10 ml wody rozpuść azotan srebra. Oba roztwory zmieszaj dopiero przed czernieniem i ogrzewaj do temperatury 50°C. W roztworze tym umocz szmatkę lub zwilż tampon z waty i nacieraj czerniony przedmiot.

Istnieje jeszcze wiele przepisów na barwienie mosiądzu na inne kolory, lecz niestety w skład potrzebnych do tego celu roztworów wchodzą trujące lub bardzo trudne do nabycia związki arsenu i antymonu.



O BARWIENIU SREBRA

W rozdziale o barwieniu stali mówiliśmy o oksydowaniu. Chciałbym jednak jeszcze przypomnieć, że oksydowanie jest to utlenianie powierzchni metali w celu nadania przedmiotom barwy granatowej lub czarnej, ale, podkreślam to, tak postępować można tylko w przypadku wyrobów stalowych.

W języku potocznym przyjęło się pojęcie oksydowania również w odniesieniu do barwienia wyrobów ze srebra.

Łatwo możesz sam stwierdzić, że jest to określenie niesłuszne, gdyż w przypadku srebra barwienie polega na tworzeniu na powierzchni przedmiotów w sposób sztuczny warstewki głównie siarczków i chlorków, a nie tlenków. Jeżeli więc nie ma mowy o utlenianiu, trudno jest proces taki nazywać oksydowaniem.

Poprawnie mówimy więc o chemicznym barwieniu srebra, któremu poddaje się głównie przedmioty ozdobne, galanteryj-

ne, wyroby artystyczne i różnego rodzaju wyroby jubilerskie najczęściej w celu nadania im wyglądu antycznego.

Barwiąc srebro w sposób chemiczny możesz nadać jego powierzchniom estetyczny kolor czarny, szary, rzadziej czarnoniebieski. Kolor żółty jest bardzo nietrwały i z czasem samorzutnie przechodzi powoli w ciemnobrązowy, a nawet w prawie czarny. Takie zabarwienie możesz zaobserwować np. na



srebrze stołowym już dzięki działaniu gorącego tłuszczu, cebuli lub jajek. Na srebrze tworzy się wtedy warstewka zawierająca głównie siarczek srebra.

W tym miejscu proponuję Ci wykonanie doświadczenia.

Dowolny przedmiot srebrny, a więc monetę, puderniczkę, łyżkę lub lichtarz oczyść do połysku za pomocą kredy lub pasty do zębów, zarobionej wodą i dodatkiem paru kropli wodorotlenku amonu NH_4OH. Na czystą, lśniącą powierzchnię srebra nałóż kropelkę żółtka jaja kurzego, a obok przyłóż kawałeczek gumki do ołówka. Po kilku godzinach stwierdzisz, że w miejscach, gdzie srebro stykało się z żółtkiem lub gumką powstała ciemna plama. Tworzy ją siarczek srebra. Związek ten ma barwę czarną, a intensywność zabarwienia srebra zależy od grubości wytworzonej warstewki siarczku. Im warstewka ta jest grubsza, tym barwa plamy ciemniejsza.

Pytasz, w jaki sposób doszło do powstania warstewki siarczku srebra?

Otóż jajko i gumka ołówkowa w swym składzie zawierają siarkę. Powinowactwo srebra do siarki jest tak znaczne, że wystarczy zetknąć srebro z ciałami organicznymi zawierającymi siarkę, aby po paru godzinach powstała ciemna plama siarczku.

Na czarno

Czarne zabarwienie przedmiotów ze srebra możesz uzyskać przez zanurzenie dobrze oczyszczonych i odtłuszczonych przedmiotów w ogrzanej do temperatury 45—50°C kąpieli o następującym składzie:

woda	1 l,
wielosiarczek potasu K_2S_4	20 g,
węglan amonu $(NH_4)_2CO_3$	10 g.

W kąpieli przygotowanej z tych odczynników przetrzymuj przedmioty srebrne tak długo, aż uzyskają one wymagany kolor czarny lub pożądany odcień szarego. Kąpiel ta działa zresztą i na zimno, ale szybciej i lepszy wynik otrzymasz, utrzymując podaną temperaturę.

Po wyjęciu przedmiotów z kąpieli musisz je, jak zwykle, starannie wypłukać wodą zimną, następnie gorącą, po czym wysuszyć. W celu nadania przedmiotom lekkiego połysku przetrzyj je na sucho zamszem, bądź lekko natłuść.

Kolor szary

Jeżeli pragnąłbyś powierzchni przedmiotów srebrnych czy też wykonanych ze stopów srebra nadać kolor szary, to możesz tego dokonać przez zanurzenie ich na krótko w gorącym, bo o temperaturze około 80°C, roztworze chlorku żelazawego (60 g $FeCl_2$ w 1 litrze wody). Po wyjęciu przedmiotów z tej kąpieli musisz je starannie umyć pod bieżącą wodą, wysuszyć i natychmiast zanurzyć na kilkanaście sekund w roztworze o składzie:

woda	1 l,
wodorotlenek sodu NaOH	70 g,
siarczan ołowiawy $PbSO_4$	10 g.

Barwione przedmioty musisz przetrzymać w podanej kąpieli około 2 minut. Następnie wyjmujesz je, płuczesz dokładnie

w wodzie zimnej, a następnie gorącej, suszysz, po czym nacierasz woskiem i szczotkujesz miękką szczotką włosianą.

Ten ostatni zabieg, to znaczy natarcie woskiem i szczotkowanie, spełnia rolę potrójną. Nadaje zabarwionej powierzchni lekki połysk, bardzo skutecznie likwiduje plamy powierzchni, no i wreszcie nadaje warstewce większą odporność na działanie czynników atmosferycznych.

Kolor niebieski

Niebieskie lub raczej niebieskoczarne zabarwienie powierzchni srebra uzyskasz przez zanurzenie oczyszczonych i odtłuszczonych przedmiotów w ogrzanym do temperatury 70—80°C roztworze o takim składzie:

woda	1 l,
siarczan amonu $(NH_4)_2SO_4$	4— 5 g lub
wielosiarczek potasu K_2S_4	20—25 g.

Przy sporządzaniu tej kąpieli pamiętaj proszę najpierw ogrzać wodę do temperatury 80°C i dopiero potem wrzuć do niej odważoną ilość siarczanu amonu lub wielosiarczku potasu.

W przygotowanej kąpieli zawieś natychmiast przedmioty, przeznaczone do barwienia.

Jeżeli przedmioty Twoje będą się w kąpieli znajdowały tylko kilka sekund, to na ich powierzchni wytworzy się cienka powłoka siarczku srebra o pięknym, tęczowym połysku. Przedmioty przetrzymane w kąpieli przez kilka minut nabiorą już trwałego, czarnoniebieskiego koloru.

Podana przed chwilą kąpiel jest bardzo nietrwała, ulega bowiem rozkładowi. Dlatego też przyrządzaj ją dopiero bezpośrednio przed barwieniem i tylko w ilości takiej, jaką zużyjesz jednorazowo.

I, jak to bywa najczęściej przy pokrywaniu, przedmioty musisz wyjąć z kąpieli, dokładnie przemyć zimną, a następnie gorącą wodą, wysuszyć, przeszczotkować miękką szczotką i ewentualnie natłuścić lub natrzeć woskiem.

Gdy barwa się znudzi

Może się zdarzyć, że wytworzona niebieska, brunatna czy czarna warstewka po pewnym czasie Ci się znudzi. Możesz ją usunąć stosunkowo łatwo, nacierając powierzchnię przedmiotu papką otrzymaną przez zarobienie kredy 5-procentowym roztworem wodorotlenku amonu NH_4OH z dodatkiem paru kropli płynu FF lub podobnego.

Powierzchnię przedmiotu trzeba nacierać szmatką lub starą szczoteczką do mycia zębów.

Pasta o podanym składzie usuwa barwną warstewkę łagodnie, zupełnie nie naruszając samego podłoża srebrnego.

Po usunięciu powłoki powierzchnię srebra przemyj dokładnie wodą i starannie wysusz.



O ELOKSALACJI I ALODYNOWANIU

Co to oznacza?

A teraz, niejako na deser, zajmiemy się anodowym utlenianiem aluminium. Zapewniam, że deser będzie obfity i smaczny, bo czeka Cię wiele doświadczeń ciekąwych, efektownych i o dużym znaczeniu praktycznym.

Na pewno obiły Ci się o uszy takie nazwy jak eloksalacja i alodynowanie. Czy umiesz jednak powiedzieć, co oznaczają te nazwy? Widzę, że domyślasz się raczej, niż wiesz, iż chodzi tu o aluminium.

Otóż obie te nazwy dotyczą powierzchniowej obróbki aluminium. Jestem pewien, że warto się z nimi bliżej zapoznać, zwłaszcza, że są one w praktyce amatorskiej i warsztatowej bardzo przydatne.

Zacznę od samej nazwy eloksalacja.

Otóż powstała ona z pierwszych liter wyrazów — **EL**ektro-

lityczna **OKS**ydacja **AL**uminium (oksydacja czyli utlenianie). Nazwą tą, chociaż może niezupełnie słusznie, w języku potocznym obejmujemy dziś całokształt obróbki elektrochemicznej i chemicznej aluminium. Warto więc wiedzieć, że w procesie eloksalacji aluminium i jego stopom możesz nadać lśniący połysk lub jedwabisty mat, kolory żywe, ostre lub łagodne, pastelowe. Pamiętaj przy tym, że taka obróbka zapewnia przedmiotom nie tylko estetyczny i przyjemny wygląd, ale zarazem doskonale chroni je przed matowieniem, ścieraniem i korozją.

Sztuczna biżuteria, a więc łańcuszki, broszki, klipsy, pierścionki, bransoletki, drobna galanteria domowa, osłony termosów, obudowy aparatów, tacki, ramki, pudełka, długopisy, pióra wieczne, papierośnice, gałki, pokrętła, skale przyrządów pomiarowych, aluminiowa stolarka, a nawet wielkie płyty osłonowe budynków — wszystkie te przedmioty oraz oczywiście wiele tu przeze mnie nie wymienionych, zawdzięczają swój wygląd i trwałość właśnie procesom eloksalacji.

Ponieważ procesy te są w zasadzie proste i możliwe do przeprowadzenia w warunkach amatorskich, zapoznam Cię z najważniejszymi czynnościami, jakie się wykonuje przy eloksalacji aluminium. Mówięc w skrócie, proces eloksalacji polega na elektrolitycznym utlenianiu powierzchni aluminium, celem wytworzenia na niej twardej i wytrzymałej mechanicznie warstewki tlenkowej Al_2O_3, następnie ewentualnym jej zabarwieniu i wreszcie uszczelnieniu. Procesem zupełnie dodatkowym, lecz całkowicie nie związanym z samym barwieniem i utlenianiem, jest polerowanie. Zabieg ten przeprowadzić można chemicznie bądź elektrolitycznie.

Pamiętaj, że polerowanie nadaje powierzchni jedynie lustrzany połysk, lecz nie chroni metalu przed korozją. Powierzchnię aluminium możesz utleniać i barwić z uprzednim polerowaniem albo też i bez niego, według niezmiennego przepisu. Eloksalacja jest zresztą procesem stosowanym nie tylko do aluminium, ale również do jego licznych stopów.

W przeciwieństwie do eloksalacji, *alodynowanie* jest od początku do końca cyklem operacji czysto chemicznych, w wyniku których na aluminium zostaje wytworzona zabarwiona powłoka tlenkowa.

 Do alodynowania zbyteczne jest więc jakiekolwiek źródło

prądu. W wyniku alodynowania powstaje od razu zabarwiona na żółtozielono powłoka tlenkowa, lecz barwy tej nie możesz już zmienić. Dlatego też proces ten jest stosowany nie do celów dekoracyjnych, lecz do zabezpieczania przed korozją różnych drobnych wyrobów aluminiowych, jak również w celu wytwarzania powłoki tlenkowej, która stanowi doskonały podkład do farb i lakierów. Musisz bowiem pamiętać, że malowanie aluminium nie jest wcale sprawą prostą. Jeżeli powierzchnię aluminium oczyścisz i nawet najdokładniej odtłuścisz, a następnie pomalujesz, to już po paru dniach zauważysz odstawanie oraz łuszczenie się powłoki. Po prostu żaden ze znanych lakierów (a zwłaszcza nitro) nie ma dobrej przyczepności do czystego aluminium.

Przed malowaniem trzeba więc aluminium koniecznie utlenić chemicznie lub elektrolitycznie, czyli wytworzyć na nim warstewkę tlenkową. Dopiero taka warstewka umożliwia dobrą przyczepność lakierów.

W kolejności zapoznam Cię więc teraz z procesami przygotowania powierzchni — polerowaniem chemicznym, polerowaniem elektrolitycznym właściwym, anodowym utlenianiem, barwieniem oraz alodynowaniem aluminium.

Przygotowanie powierzchni do eloksalacji

Jeśli chcesz mieć gładkie, błyszczące pudełko, to z powierzchni aluminium przez szlifowanie i polerowanie musisz usunąć wszystkie rysy i nierówności. Z kolei, gdy chcesz uzyskać jedwabisty, tylko lekko błyszczący mat, taki jaki jest np. na tarczach przyrządów pomiarowych czy ramkach, wtedy przedmiot aluminiowy musisz szczotkować miękką, mosiężną szczotką.

Zupełnie zaś matowe powierzchnie otrzymasz poddając przedmioty piaskowaniu za pomocą odpowiednio dobranej granulacji ścierniwa.

Przygotowanie powierzchni przedmiotów aluminiowych do eloksalacji polega na usunięciu z nich warstwy tlenkowej, brudu oraz tłuszczu. W zależności od stanu wyjściowego powierzchni przedmiotów dobieramy odpowiednią metodę przygotowania.

A więc, gdy przedmioty aluminiowe są silnie skorodowane,

wówczas w celu usunięcia produktów korozji, trawisz je w roztworze o składzie:

woda	50 cm³.
kwas azotowy 40-procentowy HNO_3	50 cm³,

Czas wytrawiania w tym roztworze jest bardzo krótki i wynosi 10—30 sekund.

Natomiast przedmioty na oko czyste, mało skorodowane i przedmioty wykonane ze stopów aluminium trawisz 1—2 minut w roztworze:

woda	100 cm³,
wodorotlenek sodu $NaOH$	10 g.

Temperatura roztworu podczas trawienia powinna wynosić 50—60°C.

Po wytrawieniu, w celu rozjaśnienia powierzchni przedmiot zanurz na parę sekund do 5-procentowego wodnego roztworu kwasu azotowego.

Pytasz:

— A co robić z przedmiotami aluminiowymi pokrytymi np. warstwą smaru lub resztkami pasty polerowniczej?

W takim przypadku musisz zastosować odtłuszczanie.

Do odtłuszczania wstępnego przedmiotów wypolerowanych mechanicznie używasz miękkiej szczotki i rozpuszczalnika organicznego, np. acetonu. Natomiast ostateczne odtłuszczanie przeprowadza się chemicznie w roztworach alkalicznych lub w kwaśnym roztworze soli chromowych.

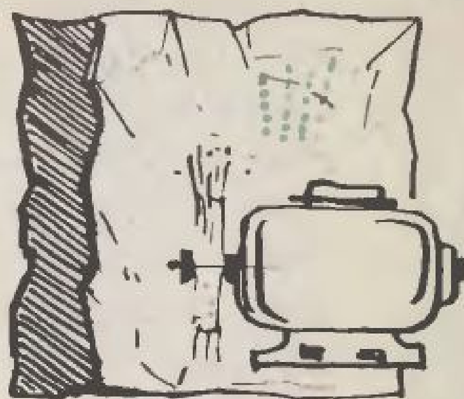
A więc broszki, pudełeczka czy inne drobiazgi, po uprzednim przemyciu rozpuszczalnikiem, zanurz na 2—3 minuty w gorącej kąpieli odtłuszczającej o składzie:

woda	60 cm³,
dwuchromian potasu $K_2Cr_2O_7$	20 g,
kwas siarkowy stężony H_2SO_4	40 cm³,
kwas fosforowy stężony H_3PO_4	110 cm³.

W podanej ilości wody rozpuść najpierw 20 g dwuchromianu potasu, następnie dodaj kwas fosforowy, a na końcu kwas

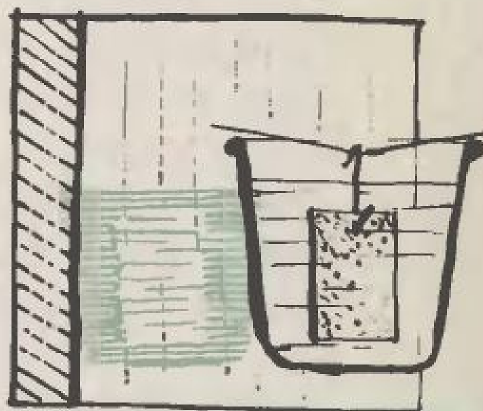
siarkowy. Bądź uważny i pracuj ostrożnie, bowiem rozpuszczaniu obu tych kwasów towarzyszy wydzielanie się bardzo dużych ilości ciepła.

Z kolei obudowy, pudełeczka i inne drobiazgi, już po przemyciu rozpuszczalnikiem, zanurzasz do kąpieli o składzie:



MECHANICZNIE

woda	91 cm^3,
wodorotlenek sodu $NaOH$	0,7 g,
fosforan trójsodowy Na_3PO_4	4,5 g,
szkło wodne	3,5 g.

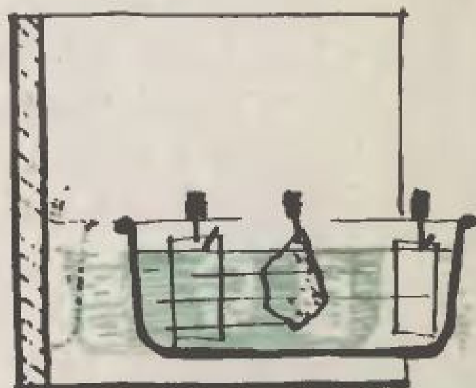


CHEMICZNIE

W podanej ilości wody rozpuść wpierw fosforan trójsodowy, następnie wodorotlenek sodu, a na końcu dodaj szkło wodne. Temperatura roztworów odtłuszczających musi wynosić 50—60°C.

Przedmioty wyjęte z kąpieli odtłuszczającej płuczesz dokładnie zimną wodą i jeszcze mokre (nie dotykając ich oczywiście palcami) przenosisz do polerowania lub od razu do anodowego utleniania.

Aluminium można polerować trzema sposobami — mechanicznie, chemicznie i elektrolitycznie. Sposób mechaniczny nie daje nigdy zbyt dobrych wyników. Polerowanie chemiczne jest już znacznie lepsze, a elektrolityczne pozwala Ci wytworzyć na aluminium dosłownie lustrzaną powierzchnię.



ELEKTROLITYCZNIE

Ponieważ polerowanie decyduje o przyszłym pięknym wyglądzie przedmiotu, omówię obie metody polerowania aluminium.

Polerowanie chemiczne

Zabieg ten ma na celu rozjaśnienie powierzchni przedmiotów oraz nadanie im połysku.

Pamiętaj jednak, że metodą polerowania chemicznego, zwanego też często „wybłyszczaniem", nie można powierzchniom aluminium nadać pełnego lustrzanego połysku, ani też zlikwidować rys czy wżerów. Możemy to porównać do zwykłego mechanicznego polerowania przedmiotu stalowego nie szlifowanego, a obrobionego poprzednio jedynie grubym pilnikiem. Wówczas to błyszczące miejsca poprzecinane są bardzo licznymi, głębokimi rysami. Ale jeżeli powierzchnia przedmiotu była poprzednio starannie wypolerowana mechanicznie, to proces chemiczny jeszcze ją rozjaśni, wybłyszczy i wygładzi.

Polerowanie chemiczne jest procesem prostym, szybkim i nie wymagającym żadnych dodatkowych urządzeń. Polega ono bowiem na kilkuminutowej kąpieli w gorących rozworach wybłyszczających.

Podaję Ci parę przepisów, abyś w zależności od posiadanych odczynników wybrał możliwy do zrealizowania.

1. kwas fosforowy stężony H_3PO_4	75 cm^3,
kwas siarkowy o stężeniu 60% H_2SO_4	25 cm^3.

Temperatura roztworu 110°C, czas zanurzenia 0,5—2 minut.

2. kwas fosforowy stężony H_3PO_4	80 cm^3,
kwas azotowy o stężeniu 60% HNO_3	5 cm^3,
woda	20 cm^3.

Temperatura roztworu 76—85°C, czas zanurzenia 10—15 minut.

3. kwas fosforowy stężony H_3PO_4	75 cm^3,
kwas octowy lodowaty CH_3COOH	8,5 cm^3,
woda	15 cm^3.

Temperatura roztworu około 100°C, czas polerowania 2—6 minut.

A teraz inna ważna sprawa. Otóż z uwagi na wywiązujące się podczas chemicznego polerowania duże ilości szkodliwych par i gazów (pary kwasów, tlenki azotu) **proces ten musisz wykonać pod wyciągiem,** a w razie jego braku, najlepiej na otwartej przestrzeni.

Wypolerowane przedmioty trzeba natychmiast bardzo starannie wypłukać w zimnej wodzie.

Uprzedzam Cię z góry, że takie polerowanie jest procesem dość trudnym do przeprowadzenia, ale pozwalającym za to nadać powierzchni aluminium pełny zwierciadlany blask. Tą właśnie metodą polerowana jest sztuczna biżuteria, odblaskowe wkładki reflektorów, czy specjalne zwierciadła.

Nie rozumiesz jeszcze, na czym ma polegać ta trudność?

Otóż wiedz, że do przeprowadzenia elektrolitycznego polerowania aluminium musisz stosować i duże napięcie i dużą gęstość prądu, a w dodatku kąpiele należy przeprowadzać w podwyższonej temperaturze.

Ze wszystkich możliwych przepisów na elektrolityczne polerowanie wybrałem dla Ciebie dwa, wymagające stosunkowo najmniejszego napięcia i natężenia prądu.

1. woda	80 cm^3,
węglan sodu Na_2CO_3	15 g,
fosforan trójsodowy Na_3PO_4	5 g.

Aby proces elektrolitycznego polerowania przebiegał właściwie, roztwór musi być ogrzany do 70°C. Czas polerowania wynosi 5—6 minut, napięcie 12—14 V, a gęstość prądu 3—4 A/dm^2 Katodą jest blacha stalowa.

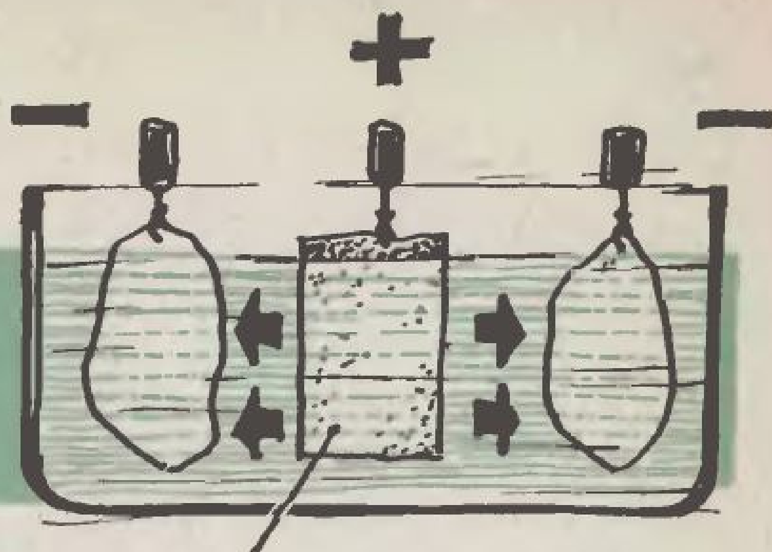
2. woda	14 cm^3,
kwas fosforowy H_3PO_4	70 cm^3,
kwas siarkowy stężony H_2SO_4	3 cm^3,
bezwodnik kwasu chromowego CrO_3	6 g.

Polerowanie w tej kąpieli musisz przeprowadzać w temperaturze 80—85°C, stosując napięcie 7—15 V i gęstość prądu 10—15 A/dm^2. Katodą jest blacha ze stali kwasoodpornej.

Jeszcze lepiej, gdy do elektrolitycznego polerowania aluminium, a zwłaszcza jego stopów, zastosujesz kwas fluoroborowy HBF_4. Jest on do nabycia w handlu. W ostateczności taki roztwór do polerowania otrzymasz sam, gdy do szklanego lub porcelanowego naczynia wlejesz 25 cm^3 wrzącej wody i rozpuścisz w niej 5 g kwasu borowego H_3BO_3 (popularny kwas borny, do nabycia w aptekach). Po rozpuszczeniu się tego związku, stale mieszając, dolewaj 30 cm^3 kwasu fluorowodorowego HF.

Uwaga: apeluję do Twojego rozsądku, abyś z całą powagą podszedł do pracy ze **żrącym i trującym kwasem fluorowodo-**

UKŁAD
DO
POLEROWANIA



rowym. Pamiętaj o rękawiczkach.

W wyniku reakcji $H_3BO_3 + 4HF \longrightarrow HBF_4 + 3H_2O$ powstaje natychmiast kwas fluoroborowy HBF_4.

W tej kąpieli polerowanie przeprowadza się w temperaturze 25—35°C, przy napięciu 30—35 V. Gęstość prądu powinna wynosić 6—8 A/dm², a czas polerowania 10—15 minut.

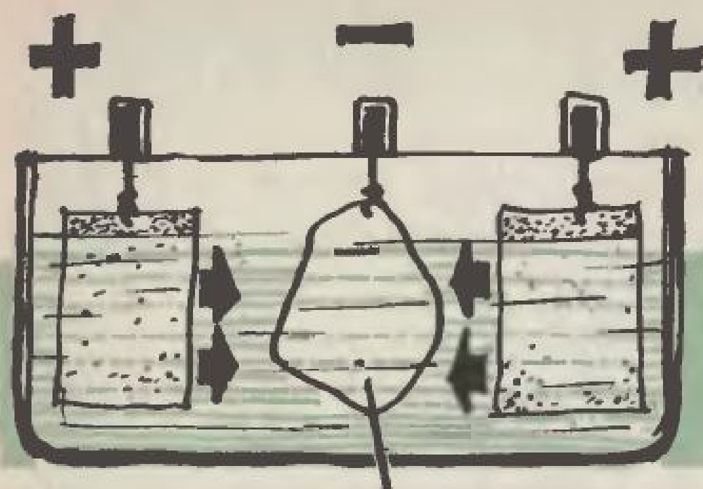
Do elektrolitycznego polerowania w tym roztworze trzeba stosować katody miedziane.

A teraz niezbędne wiadomości o samym procesie eletrolitycznego polerowania i o potrzebnych do tego urządzeniach.

Do przeprowadzenia elektrolitycznego polerowania aluminium potrzebne jest naczynie szklane lub kamionkowe. Na obłożonych drewnem brzegach naczynia, pośrodku, opierasz pręt mosiężny lub aluminiowy i łączysz go z **dodatnim** biegunem źródła prądu stałego. Na tej środkowej szynie-anodzie będziesz zawieszał polerowane aluminiowe przedmioty.

W odległości 10 cm od szyny środkowej, po obu jej stronach, kładziesz dwie boczne szyny i zawieszasz na nich katody wykonane z blachy stalowej. Te obie szyny łączysz z **ujemnym** biegunem źródła prądu stałego. Przedmioty przeznaczone do polerowania, już dokładnie odtłuszczone i starannie zamocowane na drucie aluminiowym zawieszasz na środkowej szynie-anodzie.

I tu uwaga. Ponieważ kąpiele działają bardzo trawiąco (roztwarzająco) na aluminium, polerowany przedmiot musisz wkładać do kąpieli polerującej i wyjmować z niej zawsze przy wyłączonym prądzie elektrycznym.



Jeszcze raz zwracam Ci uwagę, że podczas elektrolitycznego polerowania aluminium, połączenia źródła prądu z szynami są odwrotne niż przy zwykłym galwanicznym pokrywaniu.

Aby nie było pomyłek, proszę przyjrzyj się uważnie rysunkom zamieszczonym powyżej.

Przy galwanicznym pokrywaniu na szynach bocznych wiszą roztwarzające się anody (biegun dodatni). Natomiast przedmiot pokrywany wisi na szynie środkowej i jest katodą (biegun ujemny).

Natomiast przy polerowaniu elektrolitycznym polerowany przedmiot wisi na szynie środkowej, ale jest anodą (biegunem dodatnim). To on teraz właśnie pod wpływem prądu elektrycznego ulega powolnemu roztworzeniu. Na tym właśnie polega istota tego rodzaju polerowania. Roztwarzaniu ulegają w pierwszym rzędzie wszelkie najmniejsze nawet występy na powierzchni aluminiowego przedmiotu. Dzięki temu powierzchnia staje się coraz bardziej gładka i lśniąca.

Przedmioty wyjęte z kąpieli polerującej (niezależnie od jej składu) muszą być od razu dokładnie opłukane wodą.

Anodowe utlenianie

Wreszcie czeka Cię proces najważniejszy.

Proces ten ma za zadanie wytworzenie na obrabianym przedmiocie twardej, odpornej, chemicznie i mechanicznie warstewki tlenku glinowego Al_2O_3. Ta bezbarwna, przezroczysta warstewka doskonale zabezpiecza uprzednio wypolerowane po-

wierzchnie, a jednocześnie dzięki mikroporowatej strukturze pozwala na ich późniejsze trwałe barwienie.

Przedmioty przeznaczone do utleniania, bezpośrednio przed zanurzeniem w kąpieli do anodowania, wytraw 1—2 minut w jednoprocentowym roztworze kwasu azotowego o temperaturze 18—25°C.

— A po co? — pytasz.

Zabieg ten usuwa z powierzchni pasywną błonkę utrudniającą utlenianie.

Po wytrawieniu, przedmiot jeszcze raz opłucz w zimnej wodzie i od razu zawieś w kąpieli utleniającej. Najprostszą kąpielą utleniającą jest wodny roztwór kwasu siarkowego. Jeśli następnie utlenione przedmioty chcesz barwić na kolory jasne, stosuj 10-procentowy roztwór kwasu siarkowego H_2SO_4, gdy na ciemno — szczególnie na kolor czarny, wówczas użyj 20-procentowego roztworu kwasu siarkowego.

Elektrolityczne utlenianie aluminium, zwane również anodowym, (bo zachodzi na elektrodzie dodatniej, anodzie) możesz przeprowadzić w zwykłej wanience galwanicznej z tym, że trzeba zmienić sposób połączenia szyn ze źródłem prądu.

Zarówno przy elektrolitycznym polerowaniu, jak i teraz przy utlenianiu środkową szynę łączysz z **dodatnim**, a obie szyny boczne z **ujemnym** biegunem źródła prądu stałego. Na szynie środkowej (ale zawsze przy włączonym prądzie) zawieszać będziesz utleniany przedmiot. Natomiast na szynach bocznych za pomocą drutu miedzianego zawieś katody z blachy ołowianej.

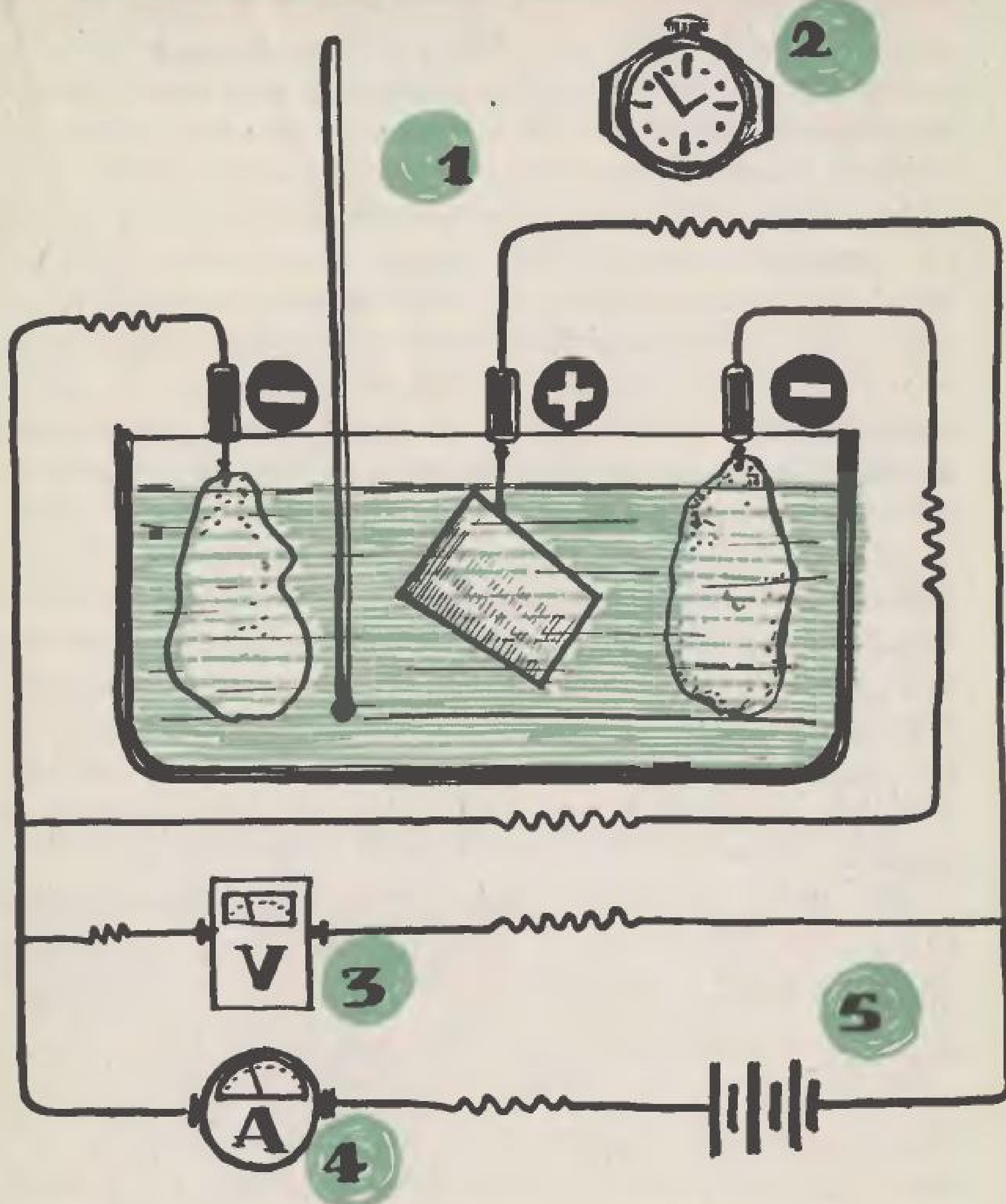
Schemat układu do anodowego utleniania jest więc taki sam, jak i do elektrolitycznego polerowania. Popatrz więc raz jeszcze na rysunek ze strony 170.

Dodam jeszcze, że powierzchnia każdej katody musi być nieco większa od powierzchni utlenianego przedmiotu.

Przedmioty przeznaczone do utleniania zawieszasz na środkowej szynie na grubym drucie aluminiowym tak, aby przedmiot całkowicie zanurzył się w roztworze kwasu. Drut aluminiowy, na którym zawieszasz przedmiot, służy zarazem do doprowadzenia prądu. Dlatego musisz go jak najsilniej skręcić na przedmiocie, aby zapewnić dobry styk.

 Pamiętaj, proszę, o tym, że podczas procesu utleniania rów-

TAK MUSISZ UTLENIAĆ



1 TEMPERATURA 18—20°C

2 CZAS 10—40 MIN

3 NAPIĘCIE PRĄDU 12—18 V

4 GĘSTOŚĆ PRĄDU 1—2 A/dm²

5 ŹRÓDŁO PRĄDU STAŁEGO

nież powierzchnia drutu, na którym wisi przedmiot, pokrywa się warstewką tlenku glinowego, a warstewka ta bardzo źle przewodzi prąd elektryczny. Jeżeli więc drut tylko luźno opasuje przedmiot, wtedy zarówno powierzchnia drutu, jak i przedmiot pokrywa się warstewką tlenku. Tym samym prąd przestaje już dopływać do utlenianego przedmiotu. Dlatego drut zawieszki musi być silnie skręcony np. kombinerkami.

Temperatura roztworu kwasu siarkowego podczas utleniania nie może przekroczyć 18°C. Jeżeli więc roztwór zbytnio się rozgrzeje, musisz przerwać pracę i poczekać aż ostygnie.

Napięcie powinno wynosić 15—18 V, a gęstość prądu 1—2 A/dm². Czas utleniania zależy od barwy, jaką następnie chcesz nadać przedmiotowi. Przy barwach jasnych wystarczy 10—15 minut anodowego utleniania, gdy pragniesz jednak zabarwić przedmiot na czarno, utlenianie trwa 30—40 minut.

Prawidłowo przebiegający proces utleniania poznaje się po obfitym wydzielaniu gazów na utlenianym przedmiocie. Jeśli wydzielanie gazów ustanie, będzie to sygnał iż styk przedmiotu z drutem jest zły, a tym samym utlenianie już nie zachodzi.

Po skończonym utlenianiu przedmioty trzeba bardzo starannie wypłukać pod bieżącą wodą.

Po Twojej niewyraźnej minie widzę, że masz jakieś poważne kłopoty.

Aha, chodzi Ci o to nieszczęsne napięcie do anodowania, które musi wynosić 15—18 V. Zwykłe prostowniki i akumulatory, np. samochodowe, dają napięcie tylko 12V, a masz jednak zamiar ich użyć do anodowego utleniania aluminium.

Nic z tego nie będzie, mój drogi. Praw chemii nie zmienisz, ani nie oszukasz. Myślisz sobie, ot, duża mi różnica — 3 V. Oczywiście nie mogę Ci zabronić tak postąpić, ale uprzedzam, że o anodowym utlenianiu w takich warunkach nie ma co marzyć. Po prostu napięcie jest zbyt niskie na to, aby proces anodowego utleniania zachodził prawidłowo.

— To co robić? — mówisz z rozpaczą — skoro nie mam źródła prądu stałego o takim napięciu?

Nie rozpaczaj. Jest i na to sposób. Użyjesz prądu zmiennego. Tak, nie przesłyszałeś się. Mówię wyraźnie, że w tym konkretnym przypadku możesz użyć prądu zmiennego. Tylko pa-

miętaj — tak jak już wielokrotnie mówiłem — pod żadnym pozorem nie wolno Ci stosować prądu zmiennego o napięciu sieciowym, czyli 220 V. Musisz się niestety postarać o tzw. transformator bezpieczeństwa. Otóż taki transformator używany powszechnie na budowach, w garażach i w warsztatach obniża napięcie sieci z 220 V do 24V. Takie napięcie jest już zupełnie bezpieczne i służy do zasilania przenośnych lamp oświetleniowych, oczywiście z żarówkami 24 V. Gdy wypożyczysz taki transformator, reszta już będzie bardzo prosta. Na bocznych szynach zawieszasz blachy aluminiowe i szyny te łączysz z jednym wyprowadzeniem 24 V z transformatora. Przeznaczony do anodowego utleniania przedmiot aluminiowy zawieszasz na szynie środkowej i łączysz ją z drugim wyprowadzeniem 24 V z transformatora. Jeżeli transformator włączysz teraz do sieci, rozpocznie się proces anodowego utleniania. Widzę, że mi chyba nie wierzysz.

— Jak to możliwe? — pytasz. — Przecież do procesów elektrolizy nie można używać prądu zmiennego, bo nie ma tu plusa ani minusa.

A jednak w tym jedynym przypadku, właśnie anodowego utleniania aluminium możesz użyć prądu zmiennego.

Przypomnij sobie tylko, na jakiej zasadzie działał Twój prostownik elektrolityczny. Przecież na elektrodzie aluminiowej powstawała warstewka półprzewodząca. Warstewka taka doskonale przewodzi prąd w kierunku od metalu do elektrolitu, a za to stanowi zaporę nie do pokonania dla prądu płynącego w kierunku przeciwnym, czyli od elektrolitu do metalu.

Właśnie to zjawisko wykorzystasz do elektrolitycznego utleniania aluminium przy użyciu prądu zmiennego.

A więc 50 razy na sekundę prąd będzie przepuszczany i zatrzymywany. Oczywiście anodowemu utlenianiu ulegać będzie i przedmiot na środkowej szynie i obie blachy zamocowane na bocznych szynach, ale to nam nic nie szkodzi.

I jeszcze jedna ważna sprawa. Anodowanie, czyli elektrolityczne utlenianie aluminium, przy użyciu prądu zmiennego musi trwać dwa razy dłużej od anodowania prądem stałym. No, ale w sumie wyjście z trudnej sytuacji się znalazło, więc bierz się ostro do roboty.

Barwienie i uszczelnianie powłok anodowych

Czeka Cię jeszcze kilka w zasadzie prostych czynności związanych z barwieniem i uszczelnianiem wytworzonych na aluminium powłok tlenkowych. Ostrzegam Cię lojalnie, że właśnie teraz, przez pośpiech, niedbalstwo czy też lekceważenie, możesz popełnić nieodwracalne w swych skutkach błędy. Pamiętaj, że właściwie zabarwione i dobrze uszczelnione powłoki tlenkowe są nie tylko estetyczne dla oka, ale i trwałe. Natomiast niewłaściwe zabarwienie i złe uszczelnienie zniszczy całą Twoją dotychczasową pracę, bo powłoka będzie brzydka, łatwo ulegnie płowieniu i atakom korozji.

Wytworzone metodą anodowego utleniania powłoki tlenkowe na aluminium przed ich uszczelnieniem są bardzo porowate, dzięki czemu są specjalnie podatne na barwienie. W trakcie barwienia barwnik wnika w mikropory bezbarwnej, przezroczystej powłoki tlenkowej, przez co nadaje jej pożądane zabarwienie. Sam proces barwienia jest śmiesznie prosty — polega na zanurzeniu przedmiotu o powierzchni już utlenionej anodowo do wodnego roztworu barwnika o temperaturze 45—55°C i pozostawieniu go w roztworze przez 2—15 minut. Do barwienia anodowo utlenionego aluminium mogą być i bywają używane zwykłe barwniki stosowane do tkanin.

Właśnie ta prostota barwienia, jak i dostępność organicznych barwników do tkanin sprawiają, że wielu niezorientowanych amatorów wybiera ten sposób, nie domyślając się skutków albo je lekceważąc.

Niestety, ten tak prosty proces barwienia ma bardzo poważną wadę. Oto tak zabarwione aluminiowe przedmioty po pewnym czasie, zwłaszcza gdy są na słońcu lub w podwyższonej temperaturze, zaczynają blaknąć. Nie jest to wina aluminium ani powłoki tlenkowej, lecz niskiej światłoodporności pospolitych, a więc łatwych do nabycia barwników.

Co prawda do celów barwienia aluminium produkowane są w kraju specjalne barwniki organiczne, tzw. poloksalowe, charakteryzujące się podwyższoną światłoodpornością, ale nie są one dostępne dla amatora-majsterkowicza. Z tego więc powodu, do barwienia aluminium stosują amatorzy to, co jest pod ręką i co daje doraźny efekt. Skutki jednak są, jak już mówi-



łem, najczęściej opłakane. Zwłaszcza dotyczy to barw ciemnych, a szczególnie czerni, tak potrzebnej np. do radiatorów czy aparatury optycznej.

Tymczasem większość amatorów nie wie, że nawet w skromnych domowych warunkach można trwale barwić powłoki anodowe nie barwnikami organicznymi, ale solami nieorganicznymi.

Oczywiście podstawową-wstępną czynnością jest uprzednie anodowe utlenienie powierzchni danego przedmiotu aluminiowego. Warto przy tym pamiętać, iż do trwałego (to jest światłoodpornego oraz wytrzymałego na podwyższoną temperaturę, jak też i działanie pary wodnej) barwienia aluminium stosować można tylko pigmenty nieorganiczne. Ich użycie wymaga jednak powłok tlenkowych o grubości co najmniej 20 μm. I tak barwnikami organicznymi można kolorować powłoki tlenkowe już o grubości 5—10 um. No, ale wiadomo, jak barwy te są nietrwałe.

Zainteresowałeś się, jak widzę, metodą trwałego barwienia aluminium i jako zamiłowany chemik-eksperymentator chcesz proces taki poprowadzić.

Pytasz więc, jak on przebiega?

Otóż po wytworzeniu na aluminium powłoki tlenkowej o grubości co najmniej 20 μm, przedmiot dokładnie opłucz wodą, następnie w celu rozwinięcia porów ogrzewaj w suszarce przez 10 minut do temperatury 120—130°C, po czym ostudź go i przenieś do odpowiedniej kąpieli barwiącej. Za pomocą soli związków nieorganicznych powłoki tlenkowe barwić można jedno- lub dwustopniowo.

Barwienie jednostopniowe

Przy barwieniu jednostopniowym gama możliwych do uzyskania barw jest mała, ale za to sam proces jest prosty i tani. W tablicy podaję Ci sole nieorganiczne stosowane do barwienia jednostopniowego.

Stężenie tych soli w kąpielach barwiących wynosi 5—40 g/dm³ wody, temperatura kąpieli barwiącej 40—60°C, a czas barwienia — 6—15 minut.

Z metod jednostopniowych najbardziej polecam Ci barwienie na kolor złoty w wodnym roztworze szczawianu amonowo-żelazowego $(NH_4)_3Fe(C_2O_4)_3 \cdot 3H_2O$. Intensywność wybarwień reguluje się stężeniem kąpieli i czasem barwienia. W przypadku pożądanych bardzo jasnych kolorów stosuj stężenie 10 g/dm³ i czas zanurzenia 15 sekund, a w przypadku wybarwienia na kolory intensywniejsze — odpowiednio 50 g/dm³ i czas 5 minut. Proces barwienia możesz prowadzić w dość szerokim zakresie temperatur 40—90°C, lecz najczęściej stosuje się temperaturę 60°C.

Pamiętaj też, że bardziej stężone roztwory szczawianiu amonowo-żelazowego rozkładają się pod wpływem światła i dlatego musisz je przechowywać w ciemności, a podczas barwienia zabezpieczać kąpiel przed bezpośrednim działaniem światła. Natomiast jeśli w Twojej kąpieli nastąpi już wytrącenie osadu, roztwór zakwaś kwasem szczawiowym i dodaj niewielkie ilości środka utleniającego, np. H_2O_2, i mieszaj aż do całkowitego rozpuszczenia osadu. Przy barwieniu jednostopniowym w porach powłoki tlenkowej adsorbowany jest albo kation, albo anion barwny, lub też produkty zachodzącej reakcji, jak np. tlenki metali.

 Po zakończeniu barwienia przedmioty musisz uszczelniać we

wrzącej wodzie destylowanej. Czas uszczelniania — 2 minuty na 1 μm grubości powłoki.

Sole nieorganiczne do jednostopniowego barwienia powłok tlenkowych na aluminium

Nazwa soli	Wzór chemiczny	Barwa otrzymanej powłoki	Uwagi
szczawian amonowo-żelazowy	$(NH_4)_3Fe(C_2O_4)_3$	złota	
dwuchromian potasu	$K_2Cr_2O_7$	żółta lub pomarańczowa	
azotan miedziowy + nadmanganian potasu	$Cu(NO_3)_2+$ $KMnO_4$	czarna	
siarczan miedziowy	$CuSO_4$	jasnoniebieska	*
siarczan niklawy	$NiSO_4$	jasnozielona	*
siarczan manganowy	$MnSO_4$	jasnoczerwona	*

* Stosowanie tych soli wymaga bardzo dokładnego uszczelniania zabarwionych powłok.

Barwienie dwustopniowe

Znacznie większe możliwości kolorystyczne daje dwustopniowa metoda barwienia powłok tlenkowych na aluminium.

Polega ona na tym, że przedmiot aluminiowy ze świeżo wytworzoną powłoką tlenkową zanurzasz do pierwszej kąpieli zawierającej wodny roztwór odpowiedniej soli nieorganicznej. Podczas tego procesu w porach powłoki gromadzi się związek, którego kation w reakcji z odpowiednim anionem z drugiej kąpieli utworzy Ci trwały pigment pożądanej barwy.

Po zanurzeniu na odpowiedni czas do kąpieli pierwszej, barwiony przedmiot opłucz dokładnie wodą i przenieś do kąpieli drugiej.

Kąpiel druga jest też wodnym roztworem odpowiedniej soli nieorganicznej. Z chwilą zanurzenia do kąpieli drugiej, w porach powłoki tlenkowej zachodzą reakcje chemiczne. Mianowicie, jak Ci już mówiłem, kation soli kąpieli pierwszej two-

rzy z anionem kąpieli drugiej pożądany przez Ciebie barwny pigment.

Po wyjęciu z kąpieli drugiej, już zabarwione przedmioty opłucz dokładnie i uszczelnij we wrzącej wodzie. Czas uszczelniania: 2 minuty na 1 um grubości powłoki.

Składy kąpieli do dwustopniowego barwienia powłok anodowych podaję ci w tablicy.

Sole do dwustopniowego barwienia powłok tlenkowych

Nazwa soli do kąpieli 1 i 2	Wzory chemiczne	Barwa otrzymywanej powłoki
1. octan ołowiawy 2. siarczan sodu	$Pb(CH_3COO)_2$ Na_2SO_4	biała
1. octan ołowiawy 2. chromian potasu	$Pb(CH_3COO)_2$ K_2CrO_4	żółtopomarańczowa
1. octan kadmowy 2. siarczek amonu	$Cd(CH_3COO)_2$ $(NH_4)_2S$	żółta
1 azotan srebra 2. dwuchromian potasu	$AgNO_3$ $K_2Cr_2O_7$	brązowa
1. siarczan miedziowy 2. żelazocyjanek żelazowy	$CuSO_4$ $K_4[Fe(CN)_6]_3$	brązowa z odcieniem czerwonym
1. octan ołowiawy 2. siarczek amonu	$Pb(CH_3COO)_2$ $(NH_4)_2S$	ciemnobrązowa
1. azotan kobaltawy 2. nadtlenek wodoru	$Co(NO_3)_2$ H_2O_2	ciemnobrązowa
1. siarczan żelazowy 2. żelazocyjanek żelazowy	$Fe_2(SO_4)_3$ $K_4[Fe(CN)_6]_3$	niebieska
1. octan kobaltawy 2. siarczek sodu	$Co(CH_3COO)_2$ Na_2S	czarna

Stężenie soli nieorganicznej w kąpielach 1 i 2 wynosi 10—50 g/dm³ wody. Temperatura kąpieli 30—60°C, a czas barwienia 3—15 minut.

Anodowo utleniane aluminium możesz też barwić np. na brą-

zowo, zanurzając wyrób najpierw w wodnym roztworze octanu kobaltawego $Co(CH_3COO)_2 \cdot 4H_2O$, a następnie w roztworze nadmanganianu potasu $KMnO_4$. Stężenie obu kąpieli jest jednakowe, a jego wielkość zależy od pożądanej intensywności wybarwienia i waha się w granicach 5—15 g/dm³. Obróbka w obu kąpielach w temperaturze 40—60°C może trwać 3—15 minut. Przedmioty po wyjęciu z pierwszej kąpieli opłucz dokładnie i zanurz w drugiej. Chcąc zwiększyć intensywność wybarwienia, wyroby poddaj obróbce w kąpieli redukującej, którą jest wodny roztwór pirogallolu.

Drugi sposób pozwalający uzyskać kolory brązowe, o jeszcze wyższych odpornościach na światło, polega na napawaniu powłoki tlenkowej roztworem białka np. mlekiem (pierwsza kąpiel), a następnie na obróbce utleniającej w roztworze nadmanganianu potasu (druga kąpiel). Na skutek utleniania substancji organicznej nadmanganianem potasu następuje w porach powłoki wytrącanie się MnO_2 i otrzymujesz kolory od żółtozłotych do ciemnobrązowych.

Na Twoją uwagę zasługują jeszcze te metody, które dają wybarwienie w kolorach: brunatnoczerwonym, niebieskim, zielonym i czarnym. Dzieje się to na skutek wydzielania się nieorganicznego pigmentu w powłoce.

Barwienie na kolor brunatnoczerwony:



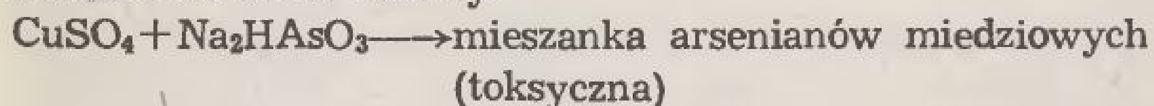
$$2AgNO_3 + K_2CrO_4 \longrightarrow AgCrO_4\downarrow + 2KNO_3$$

Barwienie na kolor niebieski:



$$4FeCl_3 + 3K_4Fe(CN)_6 \longrightarrow Fe_4[Fe(CN)_6]_3\downarrow + 12KCl$$

Barwienie na kolor zielony:



$CuSO_4 + Na_2HAsO_3 \longrightarrow$ mieszanka arsenianów miedziowych (toksyczna)

Barwienie na kolor czarny:



$$Pb(CH_3COO)_2 + Na_2S \longrightarrow PbS\downarrow + 2NH_4CH_3COO$$

Stężenie soli nieorganicznych w obu kąpielach wynosi 10—50 g/dm³ wody. Temperatura kąpieli 30—60°C, czas barwienia zależy od żądanej intensywności barwy i wynosi 3—15 minut.

Na zakończenie przypominam, że zabarwione dwustopniowo powłoki tlenkowe na aluminium po wypłukaniu musisz dokładnie uszczelnić, gotując w wodzie destylowanej w czasie 2 minuty na 1 um grubości powłoki. Pamiętaj, że nie uszczel-

nione albo źle uszczelnione powłoki tlenkowe szybko i łatwo ulegają atakom korozji, a uszczelnione prawidłowo długo i skutecznie spełniają postawione im zadania.

Alodynowanie

Obiecałem zapoznać Cię z tym procesem, który co prawda jest czysto chemiczny, ale ma wielkie znaczenie praktyczne. Dlatego też zrobimy ten mały wyjątek i zapoznamy się z alodynowaniem, czyli chemicznym utlenianiem aluminium.

Alodynowanie stosuje się po to, aby wytworzyć powłoki świetnie wiążące się z farbami i lakierami, lub w celu zabezpieczenia przedmiotu aluminiowego przed korozją.

Jasne, że teraz przedmiotów aluminiowych nie musisz szlifować ani polerować. Jeżeli są one silnie skorodowane, to wytraw je w roztworach podanych przy omawianiu anodowego utleniania na stronie 166.

Jeżeli przedmioty nie są skorodowane, to odtłuść je dokładnie za pomocą acetonu, a następnie chemicznie w jednym z roztworów stosowanych przy eloksalacji.

Teraz, bezpośrednio przed alodynowaniem, przedmioty zanurz na 1—2 minuty do 30-procentowego wodnego roztworu kwasu azotowego, HNO_3. Roztwór taki otrzymasz rozcieńczając stężony kwas azotowy wodą w stosunku 1 : 1.

A oto dwa przepisy na przygotowanie kąpieli do alodynowania:

1.	bezwodnik kwasu chromowego CrO_3	12 g,
	kwas fosforowy stężony H_3PO_4	75 cm^3,
	fluorek sodu NaF	4 g,
	woda do objętości	1 dm^3.

Kąpiel ogrzej do 42—46°C i zanurz w niej przedmioty na 1—2 minut. Alodynowanymi przedmiotami musisz stale poruszać.

2.	dwuchromian potasu $K_2Cr_2O_7$	23 g
	kwas fosforowy stężony H_3PO_4	180 cm^3,
	fluorokrzemian sodu Na_2SiF_6	3 g,
	fluorek sodu NaF	2,5 g,
	woda do objętości	1 dm^3.

W 500 cm^3 wody rozpuść dwuchromian potasu, osobno w 200 cm^3 wody fluorek sodu i fluorokrzemian sodu. Oba roztwory zlej razem, dodaj kwas fosforowy i całość dopełnij wodą do objętości 1 dm^3. Kąpiel tę ogrzej do 50°C i trzymaj w niej przedmiot, często mieszając, przez 1 godzinę.

Po wyjęciu z kąpieli do alodynowania, przedmioty powinny mieć barwę zieloną z odcieniem żółtym, szarym lub niebieskim. Trzeba je bardzo dokładnie opłukać pod bieżącą wodą i zanurzyć na pół minuty do wodnego 10-procentowego roztworu bezwodnika kwasu chromowego ogrzanego do 50°C. Zabieg ten ma na celu uszczelnienie i utrwalenie wytworzonej powłoki alodynowej.

Teraz pozostaje już tylko przedmioty wypłukać, wysuszyć i — jeżeli nie będziesz ich od razu malować — bardzo lekko natłuścić, najlepiej pokostem albo olejem lnianym.

Ponieważ wiem, jak trudno Ci będzie zdobyć potrzebny fluorek sodu, podaję jeszcze dwa inne przepisy na kąpiele i metody alodynowania aluminium.

Przygotowane w podany już sposób przedmioty aluminiowe zanurz na 10 minut do kąpieli o temperaturze 90°C i o składzie:

węglan sodu Na_2CO_3	45 g,
chromian sodu Na_2CrO_4	15 g,
wodorotlenek sodu	20 g,
woda do objętości	1 dm^3;

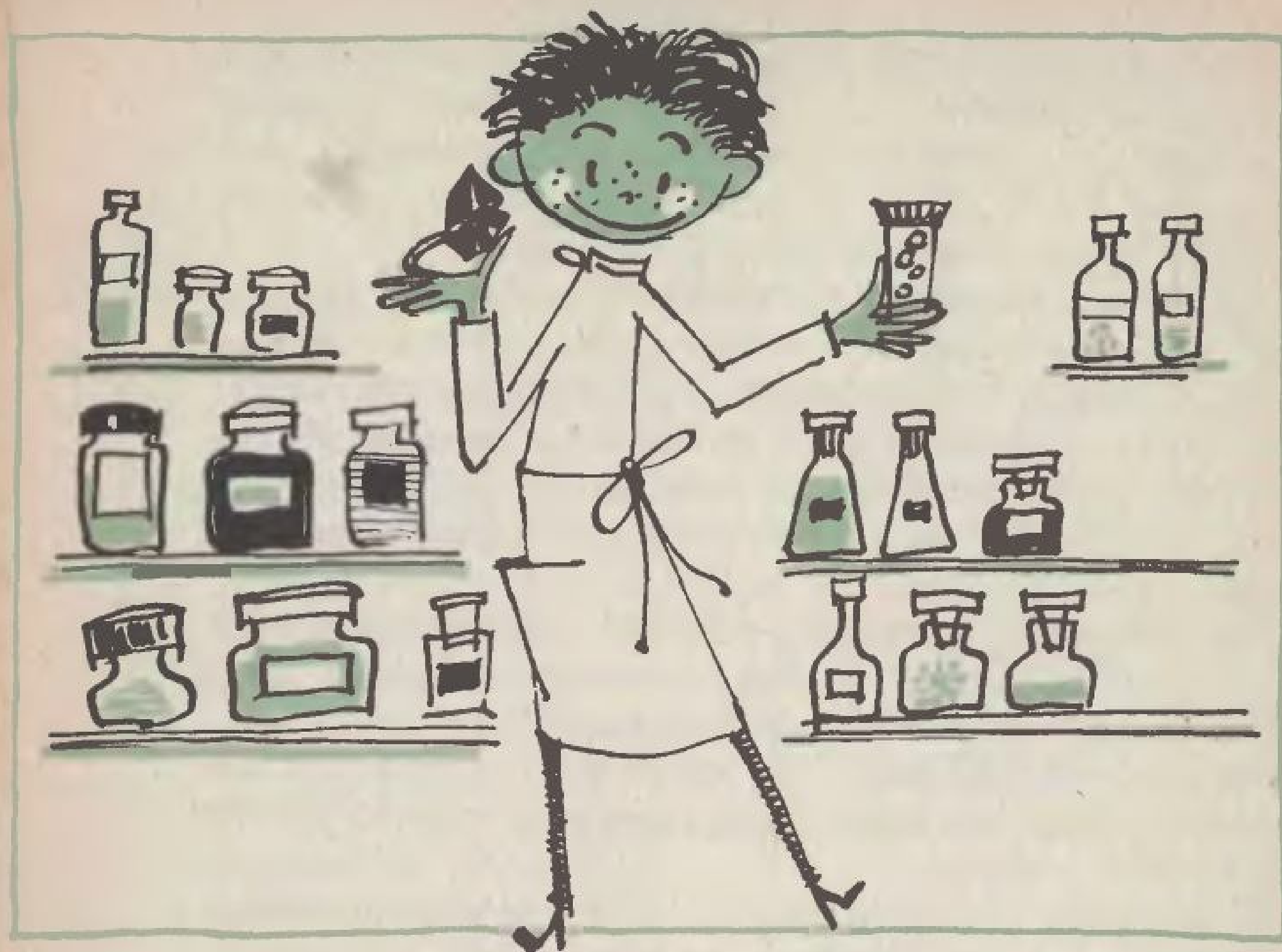
lub do kąpieli o następującym składzie:

trójtlenek chromu CrO_3	3,5 g,
fluorokrzemian sodu Na_2SiF_6	3,5 g,
woda do objętości	1 dm^3.

Temperatura tej kąpieli około 30°C, czas utleniania 10 minut.

Po utlenieniu przedmiotu w jednej z właśnie podanych kąpieli, w celu uszczelnienia zanurz przedmiot na 20 minut do ogrzanego do 90°C 2-procentowego wodnego roztworu szkła wodnego.

Jak już mówiłem, tak uzyskane powłoki nie są specjalnie atrakcyjne, ale za to długo i skutecznie potrafią chronić aluminiowy przedmiot przed korozją, no i wiążą się doskonale z lakierami, a tym samym umożliwiają Ci trwałe lakierowanie aluminium i jego stopów.

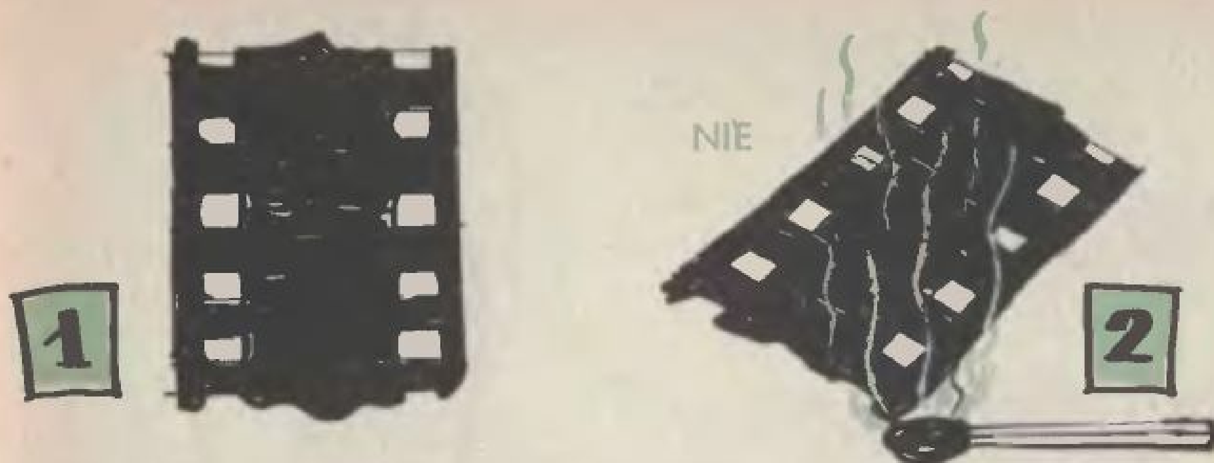


ZAKOŃCZENIE

Lakier caponowy

Wielokrotnie przy różnych okazjach zalecałem Ci stosowanie tzw. lakieru caponowego.

Lakier caponowy dobrze spełniający swe zadanie przygotowuje się z przezroczystego i bezbarwnego celuloidu. Dzięki świetnej przyczepności do metali nadaje się on doskonale do ochrony ich powierzchni przed wpływem warunków atmosferycznych. Wiesz dobrze, że najstaranniej nawet wypolerowany mosiądz, brąz lub miedź, nie mówiąc już o stali, po kilku dniach matowieją, a później śniedzieją czy rdzewieją. Natomiast pokrycie tych metali cieniutką warstewką lakieru caponowego przez długie miesiące chroni je przed korozją i trwale konserwuje połysk wypolerowanych powierzchni. Ponadto lakier taki nadaje się doskonale do utrwalania różnych przejściowych barw wytwarzanych na miedzi i jej stopach.

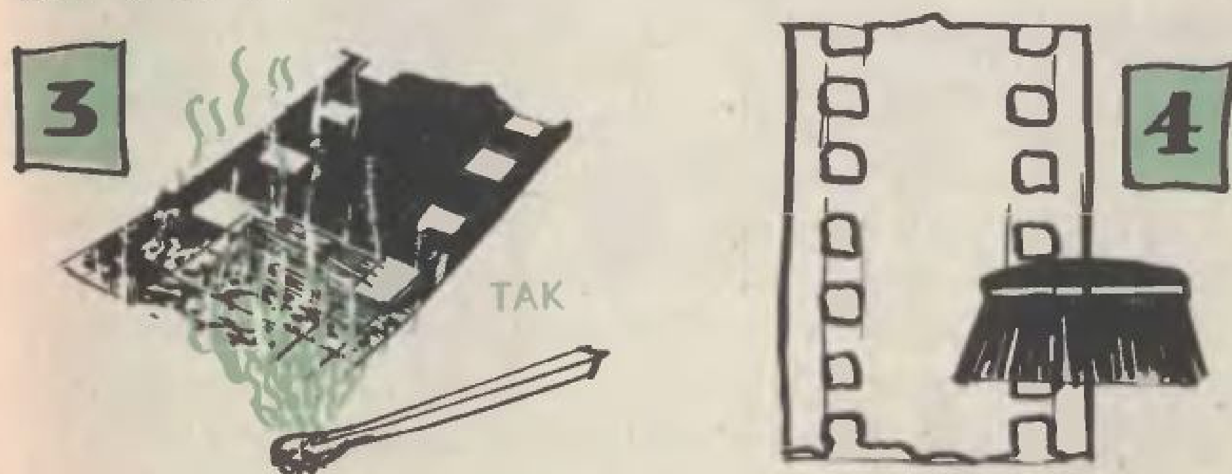


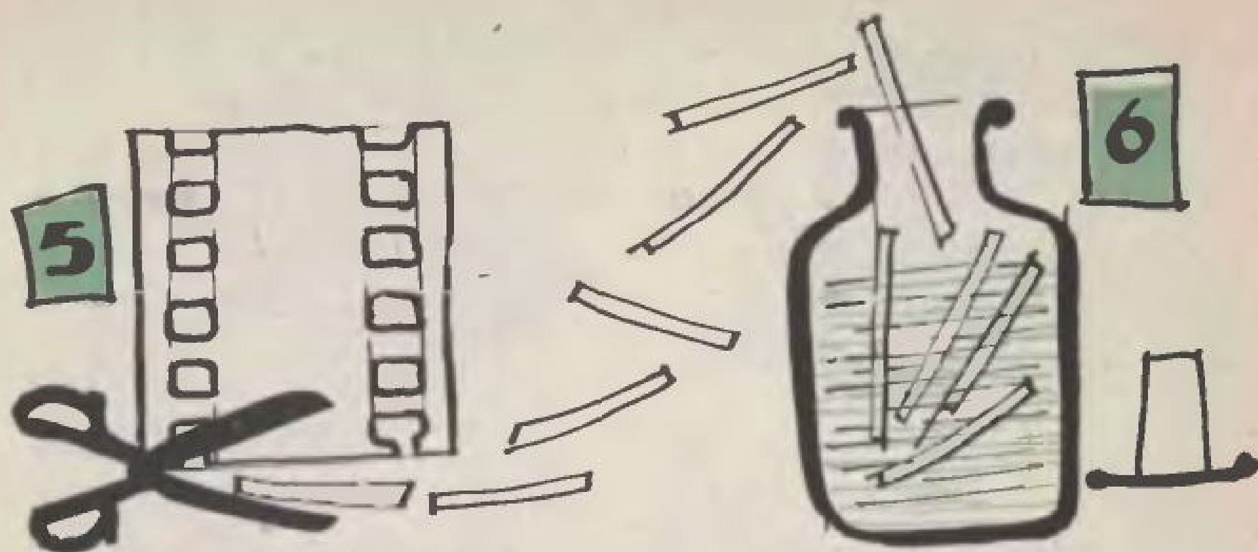
W celu otrzymania dobrego lakieru caponowego, bierzesz 6—8 g bezbarwnego, przezroczystego celoloidu. Jeżeli źródłem celuloidu mają być stare błony fotograficzne lub filmowe, usuń z nich dokładnie warstwę światłoczułą (czyli tzw. emulsję). Ponieważ błony filmowe są wykonywane z celuloidu lub octanu celulozy, przed ich użyciem musisz przeprowadzić identyfikację. W tym celu zapal skrawek błony, oczyszczony z warstwy światłoczułej. Jeśli zapali się on od razu i spłonie szybko nie pozostawiając popiołu, jest to dowód, że masz do czynienia z celuloidem, octan celulozy bowiem jest trudniej palny. Emulsja najłatwiej daje się usunąć z błon i klisz fotograficznych po zanurzeniu ich na 3—5 minut do wodnego gorącego roztworu sody.

Pocięty na paski celuloid zalewasz mieszaniną o składzie:

aceton	33 g,
octan amylowy	33 g,
octan butylowy	33 g.

Po 3 dniach, gdy celuloid rozpuści się całkowicie, zlewasz ostrożnie klarowną górną warstwę cieczy. Roztwór ten, to już gotowy lakier.





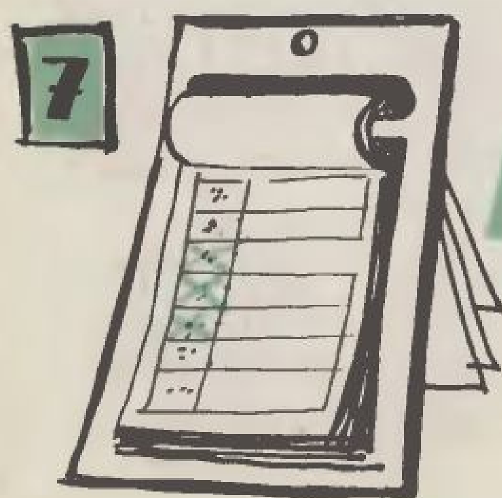
W przypadku gdybyś miał trudności z nabyciem podanych związków, zamiast acetonu, octanu amylowego i octanu butylowego możesz użyć po prostu 100 cm³ rozpuszczalnika do lakierów „Nitro". Rozpuszczalnik ten nabędziesz bez większych trudności w każdym sklepie z farbami, a nawet w mydlarniach.

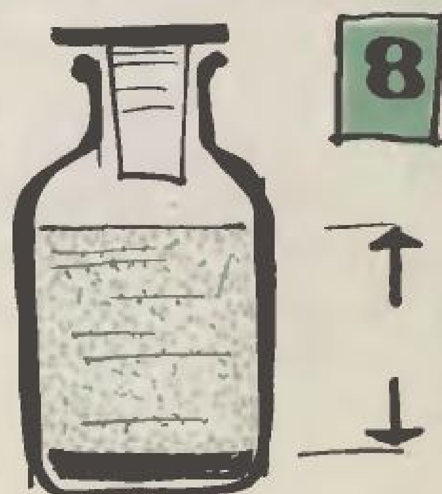
Przedmiot metalowy przed pokryciem należy dokładnie odtłuścić za pomocą acetonu. Lakierowanie przeprowadza się kawałeczkiem waty umoczonej w lakierze lub miękkim pędzelkiem.

Dobry lakier caponowy możesz również wykonać według następującego przepisu:

10 g skrawków celuloidu rozpuść w mieszaninie o składzie:

octan amylowy	20 cm³,
olej rycynowy	0,5 cm³,
denaturat	75 cm³.





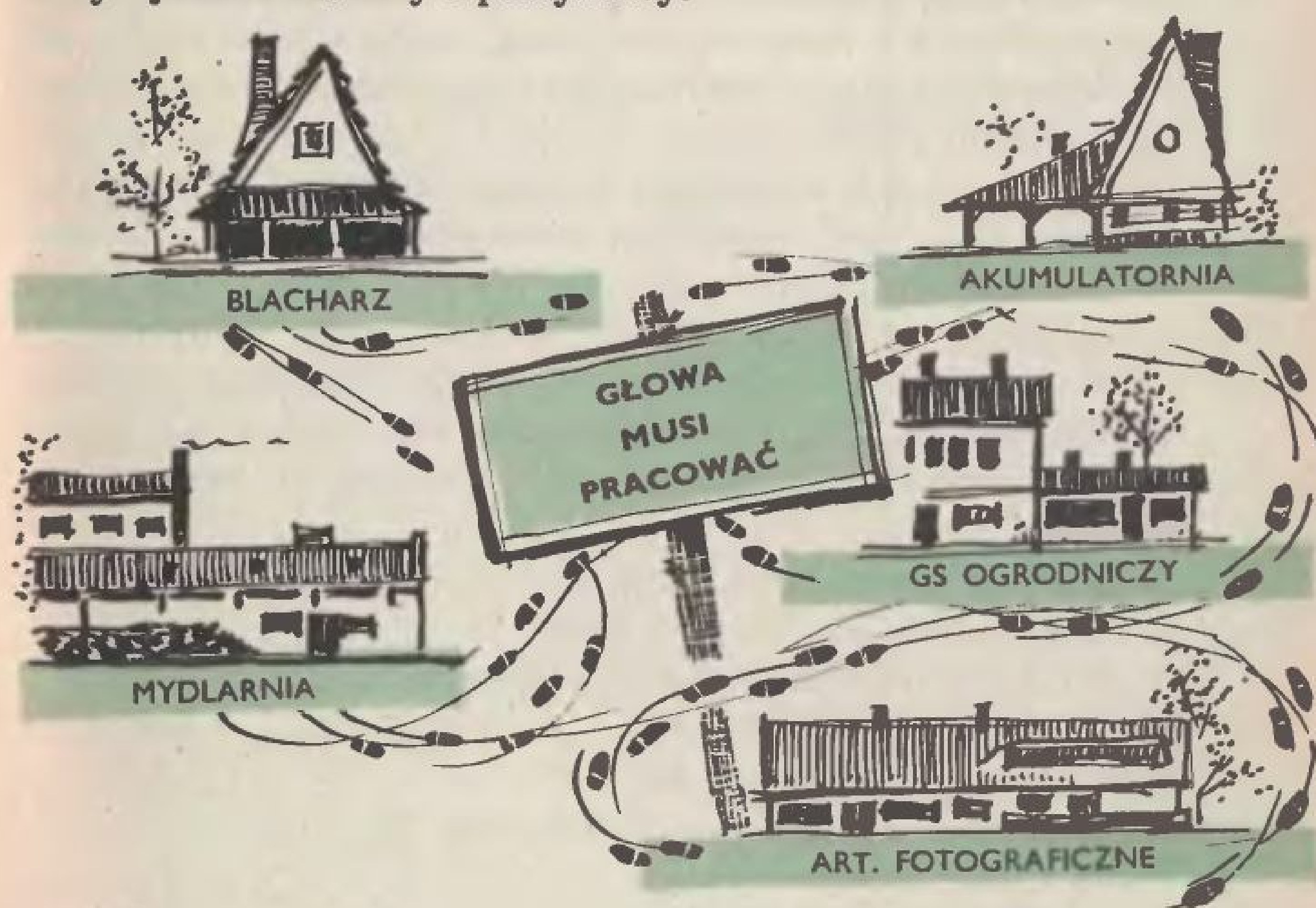
Naczyniem z docieranym korkiem, w którym odbywa się rozpuszczanie, często wstrząsaj i przechowuj je w ciepłym miejscu.

Na zakończenie informuję, że do Twoich prac można też używać gotowego lakieru caponowego stosowanego do wstępnego gruntowania parkietów przed ich malowaniem Chemosilem.

O odczynnikach słów kilka

Chciałbym jeszcze porozmawiać z Tobą chwilkę o odczynnikach.

Nie potrzebujesz mi wcale tłumaczyć, że z ich nabywaniem masz wiele kłopotu. Wiem o tym doskonale. Pamiętaj tylko, że chemik i to dobry chemik oprócz cierpliwości i staranności musi być jeszcze zaradny i pomysłowy.



Powiedzmy, że potrzebujesz kilka mililitrów kwasu siarkowego. W sklepie z artykułami chemicznymi akurat tego związku nie ma, albo sprzedają w bardzo dużych opakowaniach. Więc co robić? Czekać aż może po jakimś czasie przywiozą?

Chyba nie. Przecież kwas siarkowy ma zakład samochodowy, czy nawet mały warsztacik ładujący akumulatory samochodowe. Gdy więc pójdziesz tam, poprosisz i przyniesiesz dla wygody swoją butelkę, na pewno nie odmówią Ci małej ilości kwasu.

Wiele z wymienionych w tej książce odczynników chemicznych możesz z powodzeniem sporządzić sam w domowych warunkach. Do związków takich należy węglan, siarczan i azotan miedziowy, azotan i chlorek srebra, chlorek i węglan amonu itd.

Niektóre z potrzebnych odczynników da się łatwo nabyć w aptece. Będą to nadmanganian i jodek potasowy, kwas borowy, lapis, winian sodowo-potasowy, tanina.

Z kolei taki związek, jak tiosiarczan sodu kupisz bez żadnych trudności w każdym sklepie z artykułami fotograficznymi; związek ten bowiem to po prostu zwykły utrwalacz.

Aceton, czystą benzynę, denaturat, wodorotlenek sodu, sodę, terpentynę, wosk szewski, parafinę (świece) nabędziesz w większości mydlarni.

W mydlarni lub w sklepie z farbami otrzymasz również rozpuszczalnik „Nitro", który jest mieszaniną acetonu oraz octanów amylowego i butylowego.

Pozostałe związki musisz kupić w sklepach specjalnych.

Za informatorem adresowym Centrali Handlowej Przemysłu Chemicznego „CHEMIA" z roku 1984 podaję Ci wykaz wzorcowych sklepów chemicznych czynnych na terenie całej Polski.

15-446 Białystok, Aleja 1 Maja 26
42-200 Częstochowa, Aleja Wolności 8
80-241 Gdańsk-Wrzeszcz, Grunwaldzka 48/50
82-300 Elbląg, Grunwaldzka 31
40-955 Katowice, Warszawska 3
20-002 Lublin, Krakowskie Przedmieście 25
90-262 Łódź, Jaracza 16
90-113 Łódź, Traugutta 21/23
10-421 Olsztyn, Składowa 3
45-075 Opole, Krakowska 51
45-071 Opole, Armii Ludowej 10
60-697 Poznań, Stary Rynek 87/88

35-073 Rzeszów, Wróblewskiego 2
70-426 Szczecin, Świerczewskiego 41
00-372 Warszawa, Foksal 18
00-132 Warszawa, Grzybowska 9
00-501 Warszawa, Bracka 9
04-022 Warszawa, Walewska 7a
02-715 Warszawa, ul. Puławska 143
50-116 Wrocław, Rynek 40
52-131 Wrocław, Buforowa 2
63-045 Zielona Góra, Bohaterów Westerplatte 9

Chętnie oczywiście podałbym Ci jeszcze dokładniejsze wskazówki dotyczące zdobywania odczynników i ich przygotowania, ale nie zrobię tego z dwu powodów — po pierwsze nie jest to zadaniem tej książki i stałaby się wtedy ona niepotrzebnie gruba i droga, a po drugie, chcę także coś pozostawić Twojej zaradności. Zresztą w ramach serii „Chemia dla Ciebie" ukazały się książeczki pt.: „Moje laboratorium" część I i II oraz „Pierwiastki w moim laboratorium", poświęcone zorganizowaniu, zagospodarowaniu oraz wyposażeniu domowego laboratorium. Ponadto znajdziesz w nich sporo przepisów na samodzielne wykonanie wielu odczynników.

CENA ZŁ 250,–

Stefan Sękowski jest laureatem wielu nagród za swą działalność popularyzatorską w dziedzinie chemii (m. in. nagrody Brunona Winawera, Medalu Komisji Edukacji Narodowej). Na łamach Młodego Technika już od ponad trzydziestu lat pomaga czytelnikom rozwiązywać praktyczne problemy chemiczne. Jego dorobek to blisko czterdzieści książek, w których ze swadą stara się przekonać Czytelnika, że chemia może być łatwa i przyjemna i że nie można od niej uciec. Książki te były tłumaczone na słowacki, czeski, rosyjski, gruziński, bułgarski, węgierski i rumuński. W przyszłym roku ukaże się jego nowe wydanie "Efektownej chemii", a jeszcze w tym roku "Amatorskie zdobienie szkła" - współautorką tej książki jest żona - Aleksandra Sękowska. W przygotowaniu do druku jest następna wspólna książka "Metale w naszym domu".

Stefan Sękowski jest pracownikiem naukowym Instytutu Mechaniki Precyzyjnej. Brał udział w odbudowie Zamku Królewskiego (złocenia) i restaurował wiele zabytków kultury (prace galwanotechniczne).

ISBN 83-204-0785-0